

模具技术丛书

塑料模具设计难点与技巧

刘占军 高铁军 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

全书共分6章。第1章介绍塑件结构工艺性难点与技巧,包括塑件尺寸精度给定技巧,塑件几何形状设计技巧,塑件的壁厚设计,塑件脱模斜度设计,塑件嵌件的设计技巧,塑件设计要点。第2章介绍塑料压缩模设计难点与技巧,包括塑料压缩模结构设计技巧,压塑模具机构设计技巧,压缩模用压机的选择技巧。第3章介绍塑料压注模设计难点与技巧,包括压注模类型选择技巧,压注模主要结构设计难点与技巧。第4章介绍注射模设计难点与技巧,包括注射模分类及结构识别技巧,注射机参数的校核技巧,浇注系统设计难点与技巧,排气和引气系统的设计,推出机构设计难点与技巧,侧向分型与抽芯机构的难点与技巧,温控介质循环回路的设计技巧。第5章介绍其他塑料模具设计难点与技巧,包括挤出成型模具设计技巧,包装用聚苯乙烯泡沫塑料发泡成型模,低发泡注射成型用模具的设计,中空吹塑模设计,热流道注射模设计。第6章介绍塑料模具设计技巧实例精析,包括20个最新注射模设计技巧实例精析,压塑模典型结构图例,压注模典型结构图例。图例讲解透彻,绘制详细,分析切中要害,为广大本科、专科模具专业毕业生提供了大量毕业设计样本,会令你爱不释手。

本书适于本科、专科模具专业以及相关专业模具设计课程教学及毕业设计使用,也可供专业技术人员设计时参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具设计难点与技巧 / 刘占军, 高铁军编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.11
(模具技术丛书)

ISBN 978-7-121-11842-5

I. ①塑… II. ①刘…②高… III. ①塑料模具—设计 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第206383号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 刘真平

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.75 字数: 399千字

印 次: 2010年11月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

在现代工业发展的进程中，模具的地位及重要性日益被人们所认识，模具工业作为进入富裕社会的原动力之一，正推动整个工业技术向前迈进！模具就是“高效益”，模具就是“现代化”之深刻含意，特别是塑料模具的飞速发展，使整个社会受益匪浅。现在塑料模具已经成为3大模具之一，在国民经济中占有重要的地位，进入21世纪以来，塑料模具正以前所未有的速度快速发展，轻工业中的玩具及塑料制品90%以上都是由模具来完成的。塑料制品质量的优劣及生产效率的高低，模具因素约占80%。由此可知，塑料模具的设计技术与制造水平，在一定程度上标志着一个国家的工业发展的程度。近年来，塑料成型加工机械和成型模具增长十分迅速，高效率、自动化、微型、精密、高寿命的模具在整个模具产量中所占的比重越来越大。由于工业塑料和塑料制品的品种及产量需求很大，对塑料模具提出了很高的要求。

塑料成型主要有注射、挤出、压缩和压注等方法，其中，注射成型方法在机电工业中应用最多。注射成型也叫注塑成型，与其他成型方法相比，注射成型具有可以生产几何形状较复杂的塑料制件，应用面大，成型周期短，生产效率高，模具工作条件可以得到改善，以及制件精度高和生产条件好，容易实现机械化和自动化等优点。

本书的指导思想是在总结笔者多年模具工作的实践经验和大量最新研究成果的基础上，将塑料模具设计技巧和大量实例介绍给读者，注重设计方法与技能的训练。提高塑料模具设计水平历来是有志于成为本行业高级专业人才的技术人员梦寐以求的事，本书集塑料模具设计精华内容之大全，相信通过本书的学习，广大读者会找到一条专业设计水平升华之路。

全书包括最新塑料模具分析及装配图设计实例，图例讲解透彻，绘制详细，分析切中要害，为广大本科、专科模具专业毕业生提供了大量毕业设计样本，会令你爱不释手。本书在编写过程中得到了沈阳航空航天大学有关部门的大力支持与协助，在此一并致以诚挚谢意。由于笔者撰写时间紧，书中不足之处在所难免，敬请广大读者在使用过程中提出宝贵意见，以便进一步修改。

编 者

目 录

第 1 章 塑件结构设计工艺性难点与技巧	(1)
1.1 塑件尺寸精度给定技巧	(2)
1.1.1 塑件的尺寸	(2)
1.1.2 塑件的公差	(2)
1.1.3 塑件的表面质量影响因素	(3)
1.2 塑件几何形状设计技巧	(3)
1.2.1 塑件的形状	(3)
1.2.2 塑料螺纹设计	(5)
1.3 塑件的壁厚设计	(5)
1.4 塑件脱模斜度设计	(6)
1.5 塑件嵌件的设计技巧	(7)
第 2 章 塑料压缩模设计难点与技巧	(8)
2.1 塑料压缩模结构设计技巧	(9)
2.1.1 压缩模结构选择技巧	(9)
2.1.2 压缩模的结构特征	(10)
2.1.3 压缩加压方向的选择	(11)
2.1.4 凸、凹模的结构形式及有关尺寸	(12)
2.2 压塑模具机构设计技巧	(18)
2.3 压缩模用压机的选择技巧	(19)
2.3.1 压缩模用压机的分类	(19)
2.3.2 压缩模用压机的选择校核	(19)
第 3 章 塑料压注模设计难点与技巧	(22)
3.1 压注模类型选择技巧	(23)
3.2 压注模主要结构设计难点与技巧	(24)
3.2.1 加料腔的设计	(24)
3.2.2 柱塞设计	(25)
3.2.3 加料腔与柱塞的配合及有关尺寸	(25)
3.2.4 浇注系统设计	(26)
第 4 章 注射模设计难点与技巧	(27)
4.1 注射模分类及结构识别技巧	(28)
4.1.1 注射模特点	(28)
4.1.2 注射模结构识别技巧	(28)
4.2 注射机参数的校核技巧	(30)
4.2.1 最大注射量的校核	(31)
4.2.2 注射压力的校核	(31)
4.2.3 锁模力的校核	(31)

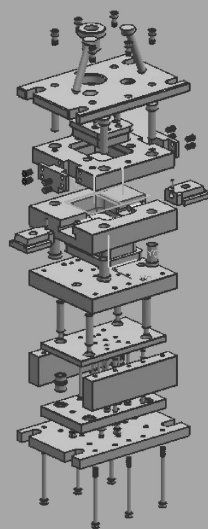
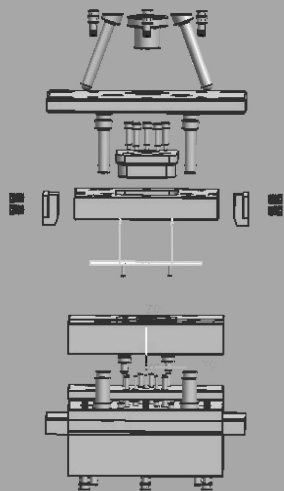
4.2.4	模具与注射机合模部分相关尺寸的校核	(31)
4.2.5	开模行程校核	(32)
4.3	浇注系统设计难点与技巧	(33)
4.3.1	浇注系统组成及设计基本原则	(33)
4.3.2	浇注系统设计	(35)
4.4	排气和引气系统的设计	(47)
4.4.1	排气系统的设计	(47)
4.4.2	引气系统的设计	(48)
4.5	推出机构设计难点与技巧	(48)
4.5.1	简单推出机构的设计	(49)
4.5.2	推件板推出机构的设计	(52)
4.5.3	推块推出机构	(54)
4.5.4	联合推出机构	(55)
4.5.5	二级推出机构	(55)
4.5.6	双脱模机构和顺序脱模机构	(63)
4.5.7	从定模侧顶出制品的脱模机构	(64)
4.5.8	浇注系统凝料的脱模机构	(65)
4.5.9	带螺纹制品的脱模机构	(70)
4.6	侧向分型与抽芯机构设计难点与技巧	(76)
4.6.1	侧向分型与抽芯机构的分类	(76)
4.6.2	抽芯距与抽芯力的计算	(76)
4.6.3	斜导柱分型与抽芯机构	(77)
4.6.4	弯销式侧向分型与抽芯机构	(87)
4.6.5	斜滑块式侧向分型与抽芯机构	(89)
4.6.6	齿轮齿条式侧向抽芯机构	(93)
4.7	温控介质循环回路的设计技巧	(94)
第5章	其他塑料模具设计难点与技巧	(101)
5.1	挤出成型模具设计技巧	(102)
5.1.1	挤出机机头的结构设计	(102)
5.1.2	各种机头设计	(103)
5.2	包装用聚苯乙烯泡沫塑料发泡成型模	(104)
5.2.1	成型方法和成型设备	(104)
5.2.2	聚苯乙烯发泡塑件的成型设计要点	(104)
5.2.3	模具结构设计	(104)
5.2.4	模具各部分的设计	(105)
5.3	低发泡注射成型用模具的设计	(106)
5.3.1	低发泡注射成型的特点	(106)
5.3.2	模具结构设计	(106)
5.4	中空吹塑模设计	(109)
5.4.1	模具结构选择	(109)

5.4.2	模具设计	(110)
5.5	热流道注射模设计	(111)
5.5.1	单模腔热流道注射模	(111)
5.5.2	外加热式多模腔热分流道注射模	(114)
5.5.3	内加热式多模腔热分流道注射模	(114)
5.5.4	热管加热的热流道注射模	(115)
5.5.5	阀式浇口热流道注射模	(116)
第 6 章	塑料模具设计技巧实例精析	(117)
6.1	注射模设计技巧实例精析	(118)
6.1.1	丁字型安装架塑件注射模设计	(118)
6.1.2	支架塑件注射模设计	(132)
6.1.3	馈圆夹件注射模设计	(147)
6.1.4	医用镊子注射模设计	(148)
6.1.5	斜管支架注射模设计	(150)
6.1.6	支脚塑件注射模设计	(157)
6.1.7	滚针轴承保持架塑件注射模设计	(158)
6.1.8	卡扣塑件注射模设计	(158)
6.1.9	底座塑件注塑模设计	(158)
6.1.10	外体塑件注射模设计	(168)
6.1.11	管座塑件注射模设计	(171)
6.1.12	安装座体注射模设计	(181)
6.1.13	阀体塑件注射模设计	(203)
6.1.14	连接块注射模设计	(208)
6.1.15	三通塑件注射模设计	(212)
6.1.16	安装头塑件注射模设计	(219)
6.1.17	手柄塑件注射模设计	(221)
6.1.18	直通塑件注射模设计	(222)
6.1.19	尾翼塑件注射模设计	(224)
6.1.20	法兰弯头注射模设计	(226)
6.2	压塑模典型结构图例	(237)
6.3	压注模典型结构图例	(239)
参考文献	(241)

第1章

塑件结构设计工艺性难点与技巧

- 塑件尺寸精度给定技巧
- 塑件几何形状设计技巧
- 塑件的壁厚设计
- 塑件脱模斜度设计
- 塑件嵌件的设计技巧



设计塑件应考虑以下因素：成型方法；塑料的成型工艺性，如流动性；要素数目，塑件的各型面和尺寸数目越多，工艺性越差；结构的相似性，采用经过生产实践和实际使用的结构要素越多，越容易生产，质量也易保证，工艺性也越好；成型后的收缩，即塑件收缩情况及各向收缩率差异；材料的选择和利用率，尽量采用便于采购、价格便宜的材料，回火料再次利用，使生产成本大幅度降下来；模具结构及加工工艺性，塑件形状应有利于简化模具结构，还要考虑模具零件尤其是成型零件的加工工艺性。

塑件设计的主要内容包括：尺寸、公差、表面质量和结构形状；塑件的工艺性，即塑件对成型加工的适应性。

塑件结构设计工艺性内容包括：在满足使用要求的前提下，塑件的形状结构、尺寸大小、精度和表面质量，要与成型工艺和模具结构相适应，尽可能地简化模具。这样既能保证塑件顺利成型，防止塑件产生缺陷，又能达到提高生产率和降低成本的目的。

1.1 塑件尺寸精度给定技巧

1.1.1 塑件的尺寸

塑件的尺寸指塑件的总体尺寸，决定塑料的流动性和设备的尺寸。流动性好的塑件，尺寸取大些；反之尺寸取小些。壁厚薄，尺寸取小些；反之尺寸取大些。

1.1.2 塑件的公差

1. 塑件的精度

受模具活动部分影响很大的尺寸，公差须加附加值；无公差自由尺寸采用 7 级精度；孔类尺寸 $(+IT)$ ，轴类尺寸 $(-IT)$ ，中心距尺寸 $(\pm IT)$ 。

2. 塑件尺寸精度影响因素

塑件的尺寸精度是指所获得的塑件尺寸与产品图中尺寸的符合程度，即所获塑件尺寸的准确度。

(1) 模具的制造误差：大尺寸影响大。

(2) 塑料的收缩率波动：大尺寸影响大，取平均收缩率，收缩率波动小的，尺寸精度高，如 ABS (0.4%~0.7%)、聚乙烯 (1.5%~3.0%)。

(3) 成型零件的尺寸磨损：硬质填料、玻璃纤维增强塑料，磨损加剧。

(4) 工艺条件：温度、压力、时间。

塑料表面硬度虽低，但含有腐蚀性增强剂（如玻璃纤维、玻璃微珠），特别是热固性塑料，对金属材料有磨蚀作用，磨蚀主要部位是模具浇注系统（特别是浇口处）与脱模方向平行的型芯或型腔表面，因此可采用更换浇口套镶块，浇注系统、型腔表面镀铬或硬化处理方法。

3. 塑件精度等级

塑件精度等级取低精度或一般精度，而不宜取高精度。有配合尺寸取高精度；收缩率波动范围小尺寸取高精度；无配合尺寸取低精度；收缩率波动范围大尺寸取低精度。MT1 级精度最高（一般不采用），MT7 级精度最低。一般配合部分尺寸精度高于非配合部分尺寸精度。模具尺寸精度比塑件尺寸精度高 2~3 级。

1.1.3 塑件的表面质量影响因素

(1) 表面缺陷：包括缺料、溢料与飞边、凹陷与缩瘪、气孔、翘曲、熔接痕、变色、银(斑)纹、粘模、脆裂、降解等。

(2) 表面光泽性：塑件光洁度取决于模具光洁度(低1级)。

(3) 表面粗糙度：主要取决于成型零件表面粗糙度，为保证塑件必要的表面质量，模具粗糙度数值应小于塑件1个等级。

(4) 熔接痕、毛刺、拼接缝及推杆痕迹等缺陷的要求。

1.2 塑件几何形状设计技巧

塑件的结构设计包括功能结构、工艺结构和造型结构三个方面设计。

功能结构设计：结构设计的核心，包括形状、尺寸和壁厚；

工艺结构设计：关系到塑件质量、生产率和成本；

造型结构设计：给人以美感，如滚花、抛光、彩饰、镀覆金属和模塑图案等，在结构设计后确定塑件的尺寸精度、形位公差和表面质量。

1.2.1 塑件的形状

1. 塑件形状的要求

除满足使用要求外，应尽可能简化模具，降低成本，提高生产率，保证塑件质量。

2. 塑件形状的设计

如图 1-1 所示，尽量避免侧壁凹槽或与塑件脱模方向垂直的孔，以避免模具采用侧向分型和侧向抽芯机构。设置这些机构使模具结构复杂，不但模具的制造成本提高，而且还会在塑件上留下分型面线痕，增加了去除飞边后加工的困难。当结构不允许改动时，需要采用侧型芯来成型，并要用斜导柱或其他抽芯机构来完成侧抽芯。

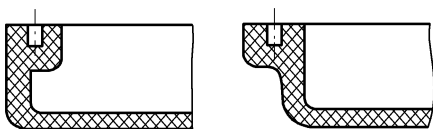


图 1-1 塑件形状的设计

带有整圈内侧凹槽的塑件，在脱模温度下应有足够的弹性强制脱模，如图 1-2 所示为 PE、PP 等塑件。

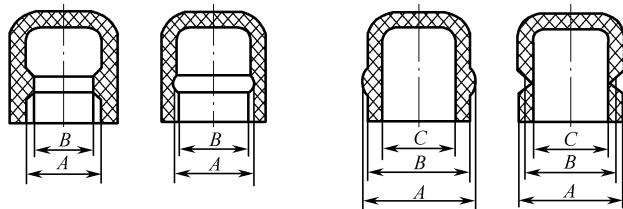


图 1-2 带有整圈内侧凹槽的塑件

3. 塑件的加强肋设计

为确保强度和刚度，避免气泡、塑孔、凹痕、翘曲等，以及改善熔体的流动，应设加强肋加厚壁厚。

1) 塑件加强肋的要求

加强肋应设在受力大、易变形的部位，其分布应尽量均匀。要克服塑件壁厚差带来的应力不均所造成的塑件歪扭变形，便于塑料熔体的流动，在塑件本身某些壁厚过薄处为熔体的充满提供通道。

2) 塑件加强肋的设计原则

避免或减小塑料局部过厚。在不加大塑件壁厚的条件下，增强塑件的强度和刚性，以节约塑料用量，减轻重量，降低成本。尽量沿着塑料流向布置，以降低充模阻力。用高度较低、数量稍多的肋代替高度较高的单一加强肋，加强肋之间的中心距应大于两倍壁厚。肋的根部用圆弧过渡，以避免外力作用时产生应力集中而破坏。位于制品内壁的凸台不要太靠近内壁，以避免凸台局部熔体充填不足。对于薄壁塑件（如瓶、盆、桶等容器），可设计成球面、拱形曲面等。容器的边缘设计有效地增加刚性和减小变形。如图 1-3 所示为不合理的加强肋改进示例。

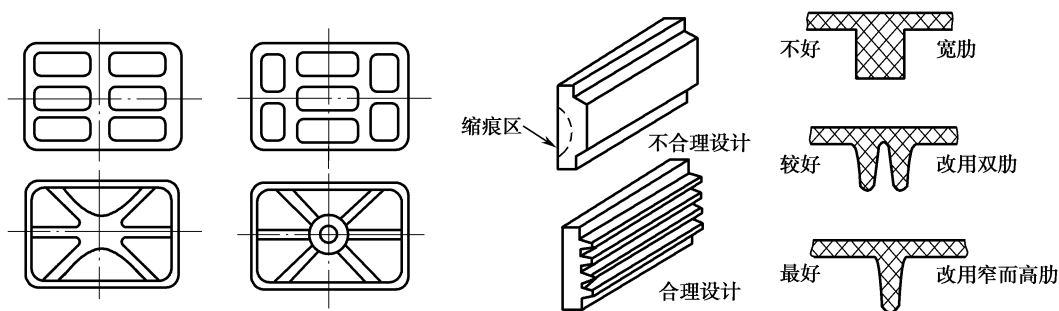


图 1-3 不合理的加强肋改进示例

4. 塑件的支承面设计

塑件以整个底面作为支承面是不合理的，因为塑件稍有翘曲或变形就会造成底面不平。塑件支承面设计原则为：

边框支承或底脚（三点或四点）支承。塑件底部有加强肋时，应使加强肋与支承面相差 0.5mm 的高度。紧固用的凸耳或台阶，应避免台阶突然过渡和支承面过小，并应设置加强肋。凸台要求不能太高，带孔凸台高度不超过孔径两倍，无孔凸台高度不宜超过凸台断面尺寸，位于边缘的凸台应设置在塑件转角部分，塑件转角应采取与凸台周边相协调的较大圆角。制品内侧凸台尽量不要太靠近制品侧壁面的内圆角，否则会出现凸台局部熔体充模不足。

5. 塑件的圆角设计

1) 塑件圆角的要求

塑件除了使用上要求必须采用尖角之处外，其余所有转角处均应尽可能采用圆弧过渡。塑件上的圆角增加了塑件的美观，有利于塑料充模时的流动，便于充满与脱模，消除壁部转折处的凹陷等缺陷。圆角使模具在淬火或使用，不致因应力集中而开裂，便于热处理，从而提高模具的使用寿命。圆角可以分散载荷，增强及充分发挥制品的机械强度。在塑件的某些部位如分型面、型芯与型腔配合处等不便做成圆角而只能采用尖角。

2) 塑件圆角的设计

圆角半径一般不应小于 $0.5\sim 1\text{mm}$ 。内壁圆角半径可取壁厚的一半，外壁圆角半径可取 1.5 倍的壁厚。若塑件内、外转角为直角，则外转角由模具型腔直角成型，在角顶处造成熔体不能流入的封闭区而产生凹痕或气孔；制品内转角由型芯直角成型，高速流动熔体冲击而磨损，形成不规则内转角。塑件上凸台或肋与底面转角为内圆角， r 不小于 $0.7\sim 0.8\text{mm}$ ，最小不小于 0.25mm 。

6. 塑件孔的设计

型芯对熔体有分流作用，产生熔接痕，孔的强度降低。此外，带孔也会使各部分壁厚不均，引起翘曲变形，因此须合理设置孔边距和孔间距。孔间距和孔到制件边缘的距离一般应大于孔径。最好取孔间距为两倍以上孔径值；孔到边缘的距离为三倍以上孔径值，当孔径大于 10mm 时，该距离可缩短。孔与孔之间应适当加大距离，以避免熔接痕的重合连接。孔周边壁厚要加大，其值比与之相装配件的外径大 $20\%\sim 40\%$ ，以避免收缩应力造成的不良影响。塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设计凸台，是为了对塑件上带孔部位予以加强。嵌件凸台起密封作用，防止熔体溢入嵌件螺纹中，凸台密封有垂直方向和水平方向的密封。成型时型芯受到塑料熔体的作用力，孔的深度不应太深，以避免型芯的挠曲变形。孔应设置在不易削弱塑件强度的地方，孔与边壁之间应有足够的距离。固定用孔建议采用沉头螺钉孔的形式。

1.2.2 塑料螺纹设计

1. 塑料螺纹机械加工方法

丝锥加工（攻丝是在孔中进行的，孔可以成型或钻孔）只能加工内螺纹；螺纹圆板牙加工（加工外螺纹）；车削加工（内、外螺纹都可）；铣削加工（外螺纹）；成型螺纹：尺寸精度高于其他方法加工精度。

2. 模塑螺纹的性能特点

模塑螺纹强度较差，一般宜设计为粗牙螺纹。模塑螺纹的精度不高。

3. 螺纹的种类

普通螺纹、矩形、锯齿形、V形、瓶口螺纹（化妆品）。塑料螺纹用于坚固与装配零件，分内、外螺纹。外螺纹直径不小于 4mm ，内螺纹直径不小于 2mm ；精度不高于 $\text{IT}8$ ；与金属螺纹配合长度不大于螺纹直径 $1.5\sim 2$ 倍。前后有两段螺纹同轴时，旋转方向及螺距相同，否则两段螺纹型芯组合不起来。

1.3 塑件的壁厚设计

1. 塑件壁厚的要求

壁厚应尽可能均匀，不能相差太悬殊。在满足正常结构及使用要求下，尽量减小塑件的壁厚，改之前必须了解其用途。

2. 塑件壁厚的设计

塑件壁厚不能过小，否则流动阻力加大，尤其是形状复杂和大型的塑件，成型比较困难；塑件壁厚过大，用料过多增加成本，而且延长成型时间，增加塑化及冷却时间，使生产效率显著降低，也易产生气泡、缩孔、凹痕、翘曲等缺陷。热塑性塑料通常选取 $2\sim 4\text{mm}$ 。不合

理的壁厚冷却速度会产生内应力，致使塑件产生翘曲、缩孔、裂纹，甚至开裂等缺陷。不合理的壁厚改进示例见图 1-4。

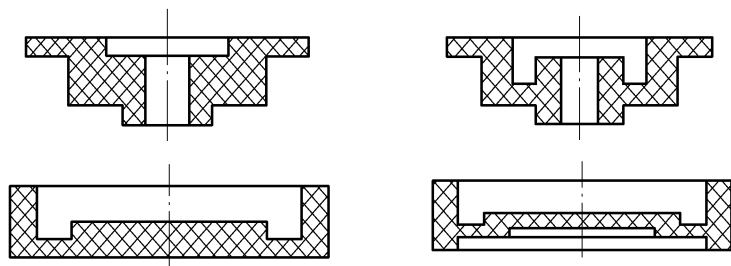


图 1-4 不合理的壁厚改进示例

1.4 塑件脱模斜度设计

脱模斜度是平行模具启闭方向制品壁面的倾斜度，制品冷却固化过程中围绕型芯产生收缩箍紧，需有脱模斜度，便于塑件脱模，以防脱模时擦伤塑件表面。

内外表面都应有合理的脱模斜度 $30' \sim 1^\circ 30'$ 。开模时，为了让塑件留在型芯上，内表面的斜度比外表面的小；相反，为了让塑件留在型腔上，则外表面的斜度比内表面的小，如图 1-5 所示。

一般来说，塑件高度在 25mm 以下者可不考虑脱模斜度。但是，如果塑件结构复杂，即使脱模高度仅几毫米，也必须认真设计脱模斜度。

脱模斜度取向见图 1-6。

内孔以小端为准，符合图纸要求，斜度由扩大方向得到；外形以大端为准，符合图纸要求，斜度由缩小方向得到（保证径向基本尺寸，有利于型芯和型腔径向尺寸修整）。脱模斜度值一般不包括在塑件尺寸的公差范围内，但对塑件精度要求高的，脱模斜度应包括在公差范围内。

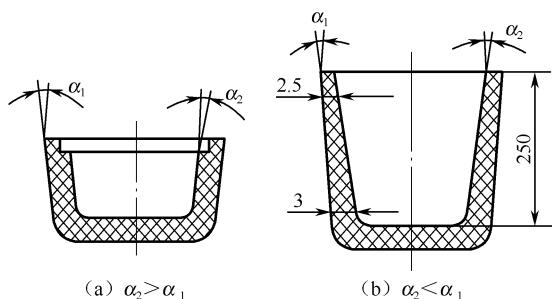


图 1-5 脱模斜度设计

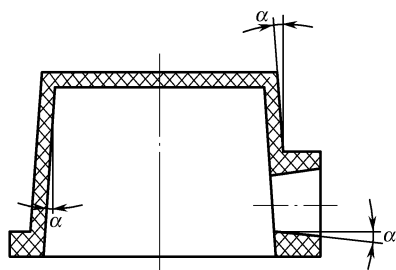


图 1-6 脱模斜度取向

脱模斜度方向，外形以大端为基准，斜度由缩小方向取得；内形以小端为基准，斜度由扩大方向取得，如图 1-7 所示为脱模斜度方向选取示例。

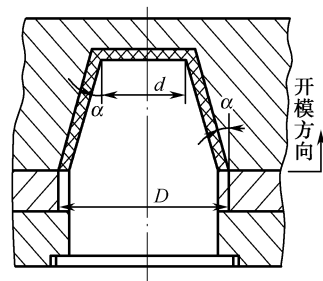


图 1-7 脱模斜度方向选取示例

1.5 塑件嵌件的设计技巧

在塑件内嵌入其他材料的零件，形成不可拆的连接，嵌入的零件称为嵌件。

嵌件的作用：增加塑件局部的强度、硬度、耐磨性、导电性、导磁性等；增加塑件的尺寸和形状的稳定性和精度；降低塑料的消耗及满足其他多种要求。

嵌件的形式：防止嵌件受力时转动或拔出，嵌件表面滚花、六边形、切口、打孔、折弯、压扁等。

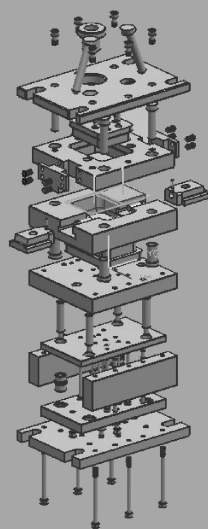
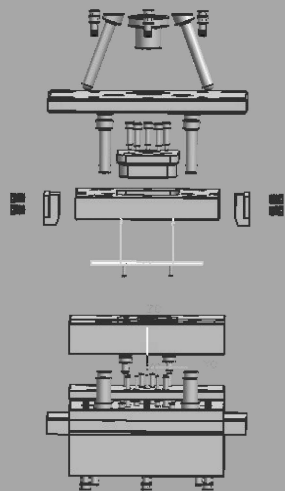
设置金属嵌件的塑件设计：

设置金属嵌件是为了便于装配，同时也用于其他的电气具的绝缘接线座。嵌件先要方便可靠地放入模具内，且特别要考虑不降低成型效率。

第2章

塑料压缩模设计难点与技巧

- 塑料压缩模结构设计技巧
- 压塑模具机构设计技巧
- 压缩模用压机的选择技巧



2.1 塑料压缩模结构设计技巧

压缩模主要用于成型热固性塑件。其成型过程是：根据工艺条件，先将模具加热到成型温度（130~180℃），然后将塑料粉放入加料腔内经预热、闭模、加压，塑料在热和压力的作用下，成为黏流态而充满型腔，再经保压一段时间后，逐渐硬化成型，然后开模取出塑件。

2.1.1 压缩模结构选择技巧

1. 根据模具在压机上的固定形式分类

压缩模可分为移动式（见图 2-1）、半固定式（见图 2-2）、固定式（见图 2-3）三种，其特点及应用范围见表 2-1。

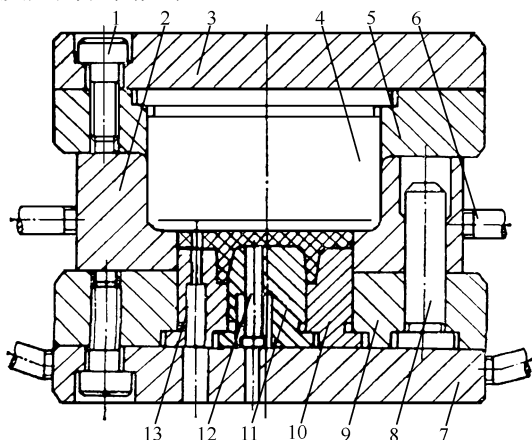


图 2-1 移动式压缩模

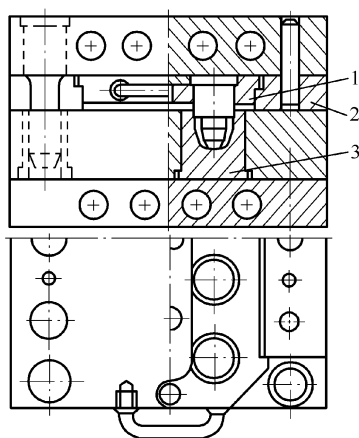


图 2-2 半固定式压缩模

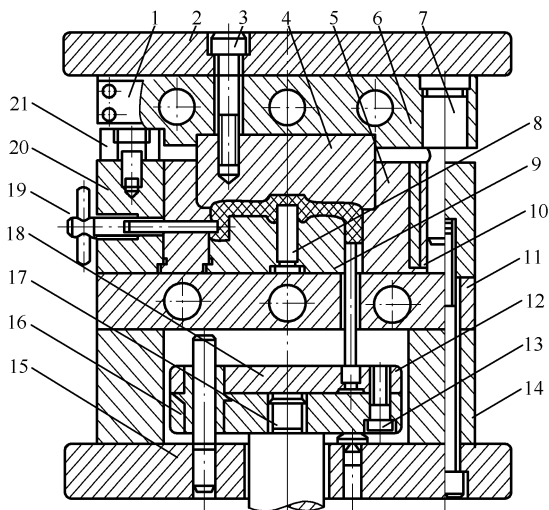


图 2-3 固定式压缩模

表 2-1 压缩模具的特点及应用范围

分 类	特 点	应 用
移动式模具	模具不固定在压机上，成型后移出模具，用卸模工具（如卸模架）开模，取出塑件。结构简单，制造周期短，因加料、开模、取件等工序均手工操作，模具易磨损，劳动强度大。模具质量一般不宜超过 20kg	适用于压制批量不大的中小型塑件，以及形状复杂，嵌件较多，加料困难及带有螺纹等的塑件
半固定式模具	一般上模固定于压机，下模可沿导轨移动，用定位块定位。也可按需要采用下模固定的结构。工作时则移出下模或上模，用手工取件或用机外推出装置取件。该结构便于放嵌件和加料，降低劳动强度，并可与通用模架配合使用	当移动式模具过重或嵌件较多时，为了便于操作，可采用此类模具
固定式模具	上下模都固定，开模、闭模、推出等工序，均在机内进行。生产率较高，操作简单，劳动强度小。开模振动小，模具寿命较长。但结构复杂，成本高，且安放嵌件不便	适用于压制批量较大或形状较大的塑件

2. 按模具的型腔数目分类

压缩模可分为单腔模和多腔模两种。

3. 按模具的分型面配合特征分类

压缩模可分为溢式、半溢式和不溢式三种。

2.1.2 压缩模的结构特征

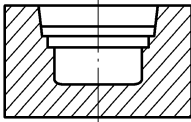
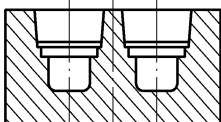
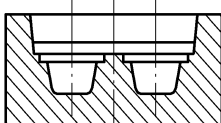
1. 闭合形式

分为溢式和半溢式两种。

2. 各种加料腔的形式

加料腔的形式见表 2-2。

表 2-2 加料腔的形式

形 式	简 图	特 征
单型腔单加料腔		一模设置一个型腔，并以型腔的延续部分或扩大部分（半封闭式）作为加料腔，这种形式多用于移动式模具
多型腔多加料腔		一模多腔时，每个型腔都有单独的加料腔，故对加料量的精度及模具组装及调整技术要求较高。如各型腔加料量相差过大，或型腔深度不一致，则会导致各型腔承压不均匀等弊病，常用于压制批量大的中、小型塑件
多型腔共加料腔		一模多腔时，各型腔公用一个加料腔。加料方便，加料量精度要求低，适用于压制流动性较好的塑料及批量大，形状简单的中小型塑件

3. 分型面的形式
分型面的形式见表 2-3。

表 2-3 分型面的形式

形 式	简 图	特 征
水平分型面		分型面平行于压机的工作台面。一般设有一个或两个分型面。开模后，前者分为上、下模两部分；后者分为上、下模，模套三部分，如左图所示，用于一般塑件的压制
垂直分型面		分型面垂直于压机的工作台面。一般设有一个或两个分型面。垂直分型面拼块外形为锥面或斜面。闭合时与模套以锥面或斜面锁紧。模套及模块的斜度应配制以保证紧密配合。用于有侧凹、侧凸等塑件

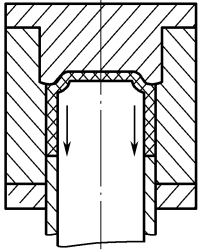
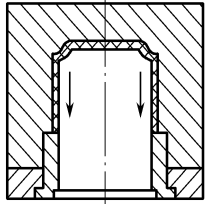
2.1.3 压缩加压方向的选择

压缩加压方向即凸模作用的方向，也就是模具轴线的方向，在选择加压方向时应遵循表 2-4 所列的原则。

表 2-4 加压方向的选择

原 则	举 例	
	好	不 好
塑件大头在上便于加料		
保证塑件组织密实。例如，压制较长薄壁塑件或流动性差的塑料时，采用两边加料加压，保证塑件各处组织密实		

续表

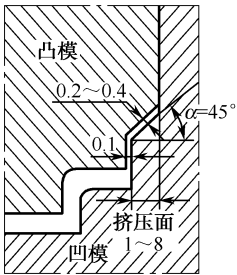
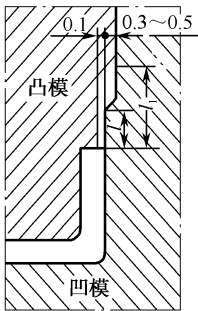
原 则	举 例	
	好	不 好
便于塑料流动。例如，加压时应使料流方向与加压方向一致		

2.1.4 凸、凹模的结构形式及有关尺寸

1. 凸、凹模配合的结构形式

凸、凹模配合的结构形式见表 2-5。

表 2-5 凸、凹模配合的结构形式

图 例	说 明
	为不溢式压模常用组合形式。由加料腔 l 、引导环 l_2 、配合环 l_1 、排气溢料槽 $a \times b$ 等组成
	当不溢式压模型腔较高、形状复杂时所用的组合形式。 由于型腔高、形状复杂，加工不便，故有时采用扩大加料腔的结构。如左图所示，便于加工，防止脱模时擦伤塑件外表面，增加塑件组织致密程度。但成型总压力增加，挤压边加工不便，挤压边大小按压机功率、塑件大小而定，当挤压边太小时因加工困难，故 α 角可取 $20^\circ \sim 35^\circ$ ，一般情况取 45°

2. 凸、凹模各组成部分的作用

1) 引导环 (l_2)

凹模口的引导环用于导正凸模。除加料腔和浅凹模外，一般引导环都做成具有一定斜度的锥面，并设有圆角 R ，以便引导凸模正确合模，可减小凸、凹模之间的摩擦，还可以防止塑件被推出时擦伤表面。引导环的参数如下。

凸模入口处的凹模部分的斜度：移动式一般取 $20' \sim 1^\circ 30'$ ；固定式一般取 $20' \sim 1^\circ$ 。

圆角 R ：一般取 $1.5 \sim 3\text{mm}$ 。

引导环 l_2 的长度：一般为 5~10mm，但当加料腔深度 $l>30\text{mm}$ 时， l_2 取 10~20mm。总之，引导环应保证塑料粉在熔融时，凸模已能进入配合环 l_1 。

2) 配合环 l_1

配合环是与凸模配合的部分。移动式配合环 l_1 应取 4~6mm；固定式配合环，当 $l>30\text{mm}$ 时， l_1 取 8~10mm。

配合环还应按凸、凹模的配合间隙而定，间隙小应取短些。凸、凹模的配合间隙不宜过大，应按塑料流动性及凹模尺寸大小而定。一般单边间隙为 0.05~0.1mm。

3) 挤压环 l_3

挤压环是在半封闭式压缩模中用来限制凸模下行位置，以保证最薄的横向飞边而设计的，一般单边厚度为 3~5mm，凸模端设有圆角 R ($R=0.5\text{mm}$)，凹部相应部分取 $R=0.3\text{mm}$ ，这样可以增加模具强度，并便于清理废料。挤压环如图 2-4 所示。

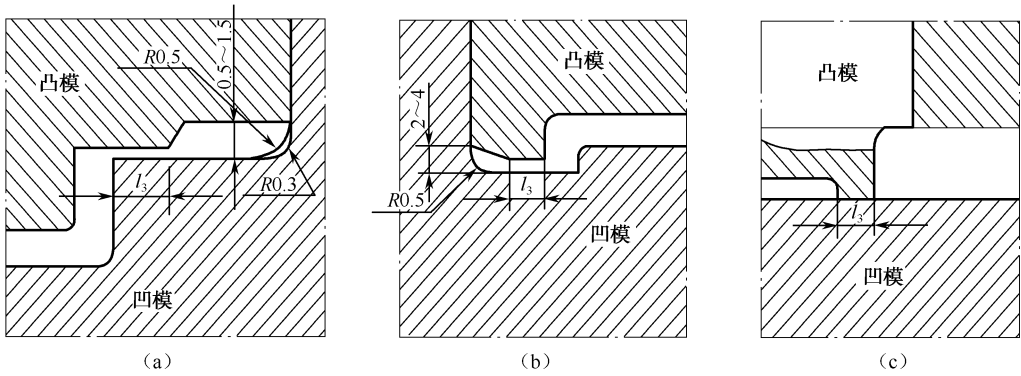
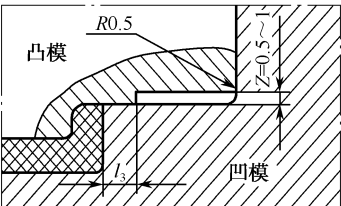
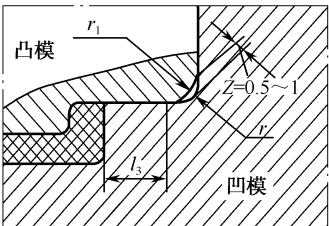


图 2-4 挤压环

4) 储料槽 (Z)

用于储存排出的余料，详见表 2-6。

表 2-6 储料槽

简 图	说 明																					
	常用于圆形凸模时，便于加工， l_3 值见前所述																					
	$r_1=r+2.4Z(\text{mm})$ <table border="1" data-bbox="677 1624 1214 1755"><tr><th>r</th><th colspan="2">1</th><th colspan="2">1.5</th><th colspan="2">2</th></tr><tr><th>Z</th><td>0.5</td><td>1</td><td>0.5</td><td>1</td><td>0.5</td><td>1</td></tr><tr><th>r_1</th><td>2.2</td><td>3.4</td><td>2.7</td><td>3.9</td><td>3.2</td><td>4.4</td></tr></table> <p>l_3 值见前所述</p>	r	1		1.5		2		Z	0.5	1	0.5	1	0.5	1	r_1	2.2	3.4	2.7	3.9	3.2	4.4
r	1		1.5		2																	
Z	0.5	1	0.5	1	0.5	1																
r_1	2.2	3.4	2.7	3.9	3.2	4.4																

5) 排气溢料槽

为了减少飞边, 保证塑件的质量, 必须将成型时所产生的气体及余料排出腔外, 一般可利用凸、凹模的配合间隙排气。但当不能排气或压制形状复杂的塑件及流动性差的塑料时, 则应在凸模上选择适当位置开排气溢料槽, 如表 2-7 所示。

表 2-7 排气溢料槽

简 图	说 明
	<p>该结构适用于移动式压缩模, 排气槽空间应能容纳排出的余料。H 值应高出模套 3~5mm</p>

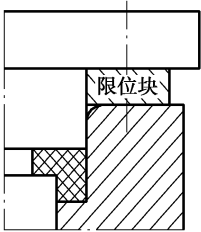
6) 承压面

承压面的作用是控制凸模进入凹模的深度, 使凹模不至于因受挤压而变形或损坏, 并能减少飞边过大及承受余压的作用, 其结构见表 2-8。

表 2-8 承压面

简 图	说 明
	<p>凹、凸模间有 0.03~0.05mm 的间隙, 以防止凸、凹模直接接触变形、损坏, 可增加寿命, 但飞边大</p>
	<p>以挤压环做承压面, 模具易损坏, 飞边厚度较小</p>

续表

	常用于固定式压缩模，调节限位块厚度，可调节凸、凹模接触情况，控制塑件厚度，并承受压制压力
---	--

2

7) 加料腔

加料腔供装塑料用，可以是型腔的延伸，也可以根据具体情况扩大成圆形、方形或矩形。

3. 加料腔的尺寸计算

1) 体积计算

$$V_{\text{料}}=V_{\text{件}}\rho v$$
$$m=\rho V_{\text{件}}$$

式中 $V_{\text{料}}$ ——塑件所需塑料的体积；
 $V_{\text{件}}$ ——塑件的体积；
 ρ ——塑件的密度，见表 2-9；
 v ——塑件的比容，见表 2-9，经验证明，实际比容可取 0.8~0.9 倍标称比容，对纤维填料宜取大些；
 m ——塑件质量。

表 2-9 塑料特性

塑 料 种 类	密度 ρ (紧密态, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	比容 v (疏松态, $\text{cm}^{-3} \cdot \text{g}^{-1}$)	压 缩 比
酚醛塑料			
木粉填充	1.34~1.45	2.00~3.00	2.00~3.00
石棉填充	1.50~2.00	2.00~2.50	2.00~3.00
布屑填充	1.36~1.50	3.00~3.50	3.50~5.50
玻璃纤维填充	1.70~1.90	—	3.50~6.00
尿醛塑料 粉料	1.45~1.55	2.00~3.00	2.00~3.00
三聚氰胺甲醛塑料			
石棉填充	1.70~1.80	2.00~2.50	3.00~4.00
布屑填充	1.50~1.55	3.00~3.50	3.50~5.50
玻璃纤维填充	≤ 2.00	—	3.50~6.00

2) 加料腔高度 H 计算

见表 2-10，此外当使用一般粉状塑料及压制聚酯料团的扁平塑件时， H 可近似计算：

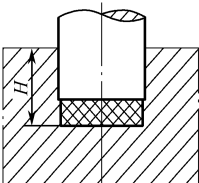
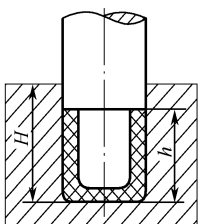
$$H=(1.7\sim 2.5)h$$

使用纤维填料时：

$$H=(3\sim 5)h$$

式中 H ——加料腔高度；
 h ——塑件高度。

表 2-10 加料腔高度 H 计算

结 构 形 式	简 图	公 式	符 号 说 明
封闭式加料腔		$H = \frac{V}{A} + (0.5 \sim 1.0) \text{cm}$	V ——塑料体积 A ——加料腔面积 $0.5 \sim 1.0$ ——修正量
杯形塑件加料腔		压制薄壁深度大的杯形塑件时，加料腔高度 H 可采用塑件高度加 $1 \sim 2 \text{cm}$ ，即 $H = h + (1 \sim 2) \text{cm}$	h ——塑件高度

4. 脱模斜度

为使塑件便于脱模，成型零件的成型表面应设有脱模斜度。脱模斜度的确定见表 2-11。为使塑件能可靠地留在一方，应预先采取强留措施。

表 2-11 塑件脱模斜度的确定

塑 件 精 度	脱模斜度 α
较高时	$\alpha \leq 30'$
较低时	$30' < \alpha \leq 3^\circ$
一般情况下，在不影响塑件精度的前提下	① 宜尽量取大，便于脱模；② 凸模可比凹模取大些；③ 塑件高度较大时，可取小些；④ 使用纤维填料时取大些，木粉填充时可取小些；⑤ 塑件形状复杂时可取大些

5. 成型零件成型尺寸的计算

1) 凸、凹模成型尺寸的计算（见表 2-12）

若塑料收缩率变化较大，按平均收缩率计算时，为防止收缩超差，则可按下式验算。

对正公差塑件尺寸，则有

$$(\Delta - \delta) > D(K_{\text{大}} - K_{\text{小}})$$

对负公差塑件尺寸，则有

$$(\Delta - \delta) > d(K_{\text{大}} - K_{\text{小}})$$

对正负公差塑件尺寸，则有

$$(\Delta - \delta) > L(K_{\text{大}} - K_{\text{小}})$$

式中 $K_{\text{大}}$ ——最大收缩率；

$K_{\text{小}}$ ——最小收缩率。

其他符号意义与表 2-12 所示相同。

2) 螺纹型芯、型环径向尺寸的计算（见表 2-13）

螺纹型芯及型环各径向尺寸及公差也可查表 2-13。

表 2-12 凸、凹模成型尺寸计算

尺寸类型		简图	公式
塑件为轴时的模具型腔尺寸 $D_0^{+\delta}$			$D = [d'_{\text{最大}}(1+k_{\text{平}}) - x\Delta]^{+\delta}_0$
塑件为孔时的模具凸模尺寸 $d_0^{-\delta}$			$d = [D'_{\text{最小}}(1+k_{\text{平}}) + x\Delta]^{-\delta}_0$
成型塑件高度的凹模尺寸	塑件偏差为“-”时 $H^{+\delta}_0$		$H = (h_{\text{最小}} + \Delta/2 - c)^{+\delta}_0$ $= (h_{\text{最大}} + h_{\text{公差}}k_{\text{平}} - \frac{\Delta}{2} - c)^{+\delta}_0$
	塑件偏差为“+”时 $H^{+\delta}_0$		$H = h_{\text{公差}}^{+\delta}_0$
	塑件偏差为“±”时 $H^{+\delta}_0$		$H = (h_{\text{公差}} - \Delta/4)^{+\delta}_0$

表 2-13 螺纹型芯、型环径向尺寸的计算 (mm)

公称尺寸部位		简图	计算公式
螺纹型环	$D_{\text{外}}^{+\delta}_0$		$D_{\text{外}} = [d_{\text{外}}(1+k_{\text{平}}) - \frac{3}{4}a]^{+\delta}_0$
	$D_{\text{中}}^{+\delta}_0$		$d \leq 10$ 时 $D_{\text{中}} = [d_{\text{中}}(1+k_{\text{平}}) - \frac{1}{2}b]^{+\delta}_0$ $d \geq 10$ 时 $D_{\text{中}} = [d_{\text{中}}(1+k_{\text{平}}) - \frac{3}{4}b]^{+\delta}_0$
	$D_{\text{内}}^{+\delta}_0$		$D_{\text{内}} = [d_{\text{内}}(1+k_{\text{平}}) - b]^{+\delta}_0$

2.2 压塑模具机构设计技巧

1. 导向机构设计

导向机构由导柱、导套组成，它起到凸、凹模准确合模、定向运动及承受侧压力的作用。

导向机构位置布置：

一般设有 2~4 个导柱，为防止合模时装错位置而使模具损坏，在布置导柱时最好要有方向性，也可选择不同直径。

2. 推出和开模机构设计

压塑模常用的开模和推出机构有：卸模架、机外推出装置、机内上推出和下推出机构及模具内气吹推出等形式。

1) 用于移动式、半固定式模具的开模及推出机构

(1) 卸模架推出。

(2) 机外推出装置。该装置是装在压机前面的一种通用卸模推出装置。

(3) 机内开模结构。在压机上、下台面上分别固定可调导轨及纵向定位块，将上、下模分别推入导轨内。开模时沿导轨拉出模子取出塑件。

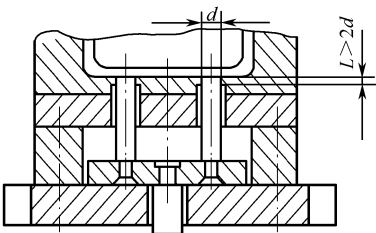
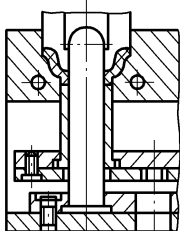
2) 用于固定式模具的推出机构

常用的有下推出机构和上推出机构。

下推出机构详见表 2-14。

根据塑件的结构形状，塑件须留在上模，为此需设置上推出机构。

表 2-14 下推出机构

简 图	特 征
	推杆推出，制造容易，更换方便，推出效果好，应用广泛。但推杆不宜太细，其位置应避免与活动型芯发生干扰，与模具配合部分呈间隙配合，其配合部分长度应大于或等于两倍推杆直径
	管式推出，宜用于推出圆筒形塑件，结构较推杆推出复杂，型芯固定

3) 复位杆及尾轴

(1) 复位杆。复位杆与推杆一起被固定在推杆固定板上，合模时起着将推杆固定板拉回原位的作用。当压机尾轴直接与模具推出机构相连时可不用复位杆。常见的复位杆形式如图 2-5 所示。

(2) 尾轴。尾轴的作用是驱动模具推出机构。

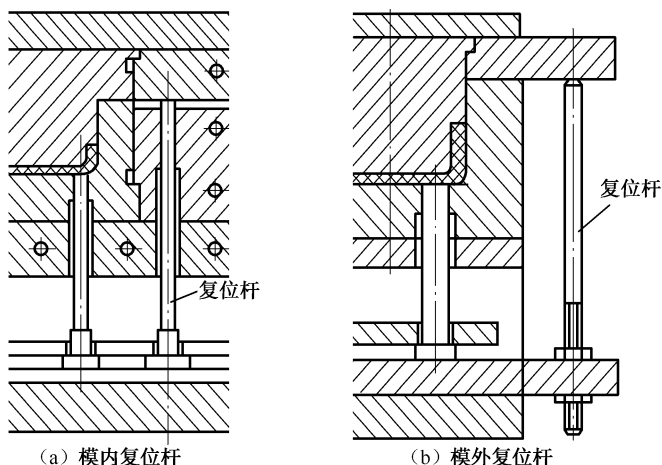


图 2-5 常见的复位杆形式

3. 抽芯机构设计

当塑件有侧孔、侧凹或侧凸时，在开模取件前，必须先将侧型芯抽出，合模时应先复位，这种机构称为抽芯机构。压模的抽芯机构有手动式和机动式两种。

4. 其他结构件设计

压缩模中除成型零件外，还有垫块、限位块、推板及手柄、套筒等构件。

2.3 压缩模用压机的选择技巧

2.3.1 压缩模用压机的分类

压缩模用压机按其传动方式可分为机械式压机（常见的螺旋式压机）和液压机。

液压机按其结构又可分为上压式、下压式，以及带有两个互相垂直液压缸的角式液压机和压制板材用的层压机；按液压机的动力来源可分为水压机和油压机；按机架结构又分为柱式（如二柱、三柱、四柱）和框式两种。

目前用来生产塑料制品的多为上压式的油压机。该类压机的压制时间可自动控制。

2.3.2 压缩模用压机的选择校核

1. 压缩成型压力计算

压制时所需的压力叫成型压力，理论成型压力可用计算法和查图法求得。由于实际成型压力受各种因素影响，所以选用压机时必须保证：

$$F_{\text{压}} > F_{\text{成}}$$

计算法确定成型总压力，有

$$F_{\text{成}} = \frac{1}{1000} p A n K$$

$$F_{\text{压}} = F_{\text{成}} / K_1$$

式中 $F_{成}$ ——压制时的理论成型总压力 (kN);

$F_{压}$ ——选定压机的额定压力 (kN);

p ——根据塑件形状、型腔结构、压制工艺及使用的塑料所选用的单位面积上的压力 (MPa);

A ——单个型腔的投影面积 (mm^2);

n ——型腔的数量 (单型腔时 $n=1$, 多型腔而用一个总加料腔时 $n=1$, 此时 A 应等于总加料腔的投影面积);

K ——压力系数, 一般取 $1.1\sim 1.2$;

K_1 ——压机的机械效率, 根据压机的新旧程度不同而定, 一般为 $0.75\sim 0.9$ 。

2. 开模力的计算

开模力的大小与成型压力成正比, 与确定压缩模连接螺钉的数目及大小有关。特别是对大型模具, 在布置螺钉之前需计算其开模力。

(1) 开模力按下式计算:

$$F_{开} = KF_{成}$$

式中 $F_{开}$ ——开模力;

K ——压力系数, 当塑件形状简单, 配合环不高时, K 取 0.1 , 配合环较高时 K 取 0.15 , 当塑件形状复杂配合环又高时 K 取 0.2 ;

$F_{成}$ ——成型总压力。

(2) 螺钉数目求法如下。

$$n = \frac{1000}{Q} F_{开}$$

式中 n ——螺钉个数;

$F_{开}$ ——开模力 (kN);

Q ——每个螺钉所能承受的许用负荷 (N), 可查表 2-15。

另外, 也可用查图法确定螺钉个数、大小, 根据开模力选取, 见图 2-6。

表 2-15 螺钉负荷表

(单位 10N)

公称直径	材料: 45	材料: T10A	备 注
	抗拉强度 σ_b	抗拉强度 σ_b	
	($\sigma_b=500\text{MPa}$)	($\sigma_b=1\ 600\text{MPa}$)	
M5	135	265	对于成型压力大于 500kN 的大型模具, 连接螺钉用的材料可选用 T10A、T10, 但不淬火
M6	185	370	
M8	350	690	
M10	550	1 100	
M12	810	1 610	
M14	1 100	2 220	
M16	1 550	3 090	
M18	1 860	3 720	
M20	2 410	4 820	
M22	3 030	6 060	
M24	3 480	6 950	

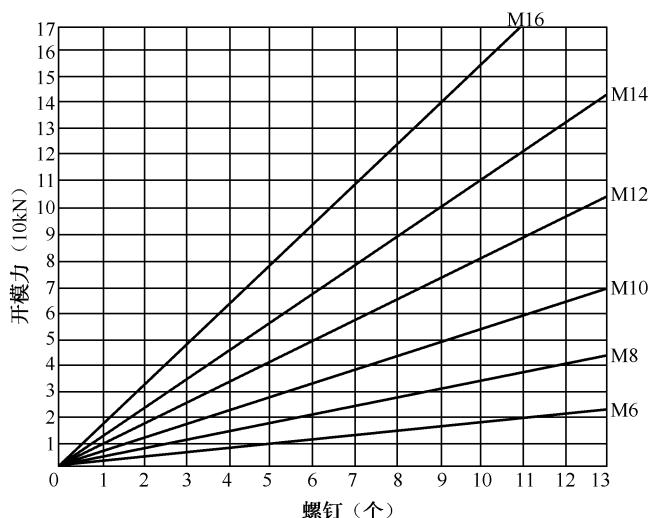


图 2-6 开模力与连接螺钉的数目

3. 脱模力的计算

使塑件从模具内脱出所需要的力叫脱模力。为此，要求压机的推出力应大于脱模力，可按下式计算。

$$F_{推} > F_{脱} = \frac{1}{1000} A_{侧} F_{结}$$

式中 $F_{推}$ ——压机的最大推出力 (kN);

$F_{脱}$ ——塑件脱模所需要的力 (kN);

$A_{侧}$ ——塑件侧面积之和 (mm^2);

$F_{结}$ ——塑件与金属的单位结合力 (压强)，一般木纤维和砂物填料取 0.5MPa，玻璃纤维取 1.5MPa。

4. 压机工作行程与模具闭合高度的关系

压机工作行程是指压机上、下工作台面之间的最大、最小开距之差，它关系到模具能否放进压机上、下工作台面之间，并能否顺利取出，从而决定模具所允许的最大、最小闭合高度。

5. 压机台面结构与模具的关系

设计模具时应根据压机工作台的 结构形式及 T 形槽的有关尺寸来确定模具的固定方式及安装尺寸。

模具的固定形式有两种：一种是螺钉固定，另一种是压板固定。

6. 模具推出机构

塑件的推出一般是由压机的推出机构 (手动式、机械式和液压式) 通过中间接头或拉杆等零件带动模具推出机构来完成的。设计模具时对压机的推出系统及连接模具的有关尺寸应有所了解。

压机的推杆行程必须保证将每件推出并高出型腔表面 10mm 以上，以便取出塑件。参阅下列公式：

$$l = H + h + (10 \sim 15) \text{mm} < L$$

式中 L ——压机推杆最大行程；

l ——塑件需推出高度；

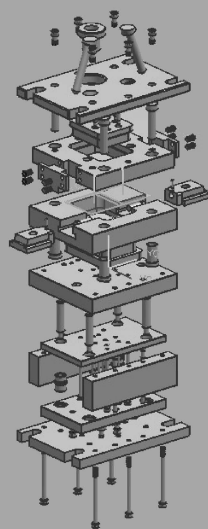
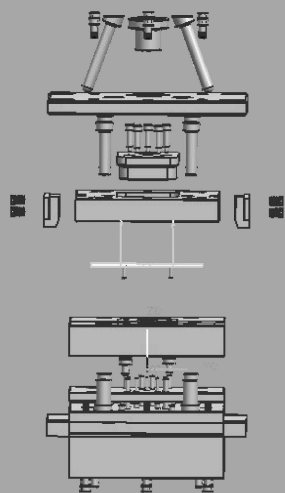
H ——塑件最大高度；

h ——加料腔高度。

第3章

塑料压注模设计难点与技巧

- 压注模类型选择技巧
- 压注模主要结构设计难点与技巧



压注模又称传递模，是成型热固性塑料的另一类模具。它的特点是没有单独的加料腔，在加料和成型前模具先闭合，加料腔内的塑料经预热成黏流态，在压力作用下流经浇注系统，以高速进入已闭合的型腔，塑料在型腔内继续受热受压而固化成型，随后再开模取出塑件。

3.1 压注模类型选择技巧

1. 按所用的压机及操作方法分类

- (1) 普通液压机用的压注模。
- (2) 专用液压机用的压注模，见图 3-1。

2. 按加料腔结构分类

- (1) 罐形压注模，见图 3-2。
- (2) 活板式压注模，见图 3-3。

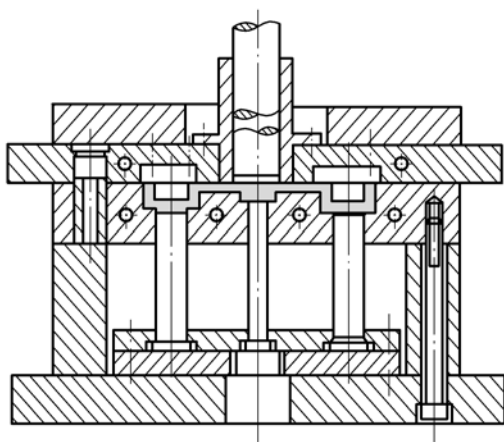
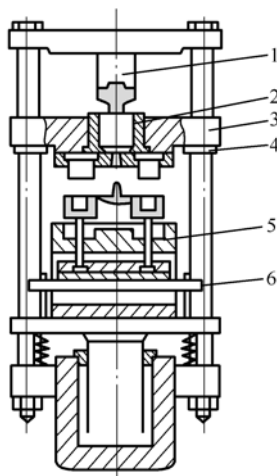
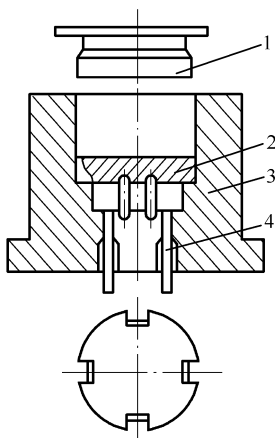


图 3-1 专用液压机用的压注模



1—柱塞；2—加料腔；3—浮动板；4—限位块；5—型腔；6—推板

图 3-2 罐形压注模



1—凸模；2—活板；3—凹模；4—推杆

图 3-3 活板式压注模

- (3) 柱塞式压注模。

3.2 压注模主要结构设计难点与技巧

3.2.1 加料腔的设计

1. 加料腔的结构及定位

加料腔通常设计成圆形结构，这样加工方便。

2. 加料腔的结构尺寸计算

1) 确定加料腔的截面积

移动式加料腔的截面积的求法：根据经验公式可按下式求得。

$$A=(1.1\sim 1.25)S$$

式中 A ——加料腔的截面积 (mm^2);

S ——塑件、浇注系统投影面积之和 (mm^2)。

注意，这时锁模力才能保证压注时型腔内受到的流料压力不致顶开分型面。

锁模力的大小可按式计算：

$$F_{\text{锁}}=p_1A/1\,000$$

式中 $F_{\text{锁}}$ ——锁模力 (kN);

p_1 ——实际单位挤压力 (MPa)，其值应大于压注单位压力 p ，并按下式计算，即

$$p_1=1\,000F_{\text{压}}/A\geq p$$

式中 $F_{\text{压}}$ ——压机额定压力 (kN);

p ——压注单位压力 (MPa)，其他符号意义同上。

使用专用压机的固定式模具，其加料腔的截面积求法：按下式计算，即

$$A=1\,000F_{\text{缸}}/p$$

式中 A ——加料腔截面积 (mm^2);

$F_{\text{缸}}$ ——柱塞加压用的辅助缸的额定压力 (kN);

p ——压注单位压力 (MPa)，查表 3-1。

成型时，为了不顶开分型面（如前所述），必须使压机主缸锁模力符合下列关系式：

$$F_{\text{锁}}>(1.1\sim 1.25)Sp/1\,000$$

式中 $F_{\text{锁}}$ ——压机主缸锁模力 (kN);

S ——塑件、浇注系统投影面积之和 (mm^2);

p ——压注单位压力 (MPa)，查表 3-1。

表 3-1 压注单位压力

塑料名称	填 料	所需单位压力 (MPa)	塑料名称	填 料	所需单位压力 (MPa)
酚醛塑料	木粉	60~70	环氧树脂		4~10
	玻璃纤维	80~100	硅酮树脂		4~10
	布屑	70~80	氨基塑料		60~70
三聚氰胺甲醛塑料	矿物粉	70~80	DAP 塑料		50~60
	石棉纤维	80~100			

垂直分型模具的加料室截面积可按下式求得。

$$A=2S/\cot(\theta-\varphi)$$

式中 θ ——模块与模套的拼合角，一般取 12° 以上；

φ ——摩擦角，一般取 8° 。

其他符号意义同上。

2) 确定加料腔容积

$$y=V_1K$$

式中 y ——加料腔容积；

V_1 ——塑件、浇注系统体积之和；

K ——压塑比。

3) 确定加料腔高度

$$h=y/A+(8\sim15)\text{mm}$$

式中 h ——加料腔高度， $(8\sim15)\text{mm}$ 为加料腔口部的导向高度；

y ——加料腔容积（塑料体积）；

A ——加料腔的截面积。

加料腔应设置在型腔中心位置上，否则易产生溢料、飞边等现象。

3.2.2 柱塞设计

其作用是对加料腔内的塑料加压经浇注系统迅速挤入型腔。常见的结构形式如表 3-2 所示。

表 3-2 常见的柱塞结构形式

简 图	说 明	简 图	说 明
	常用于移动式模具，承压面积大，压注时较平稳，操作时便于观察		在柱塞端面开设沟槽，用以在开模时拉出凝料

注：材料：T10A、Cr12、CrWMn、T8。

热处理：HRC40~45。

表面粗糙度：与加料腔配合部分 $Ra\ 0.2\sim0.1\mu\text{m}$ ，非配合面 $Ra\ 6.3\sim3.2\mu\text{m}$ 。

镀铬：镀层 $0.015\sim0.02\text{mm}$ ，抛光。

3.2.3 加料腔与柱塞的配合及有关尺寸

柱塞与加料腔的配合见图 3-4，其中柱塞高度应比加料腔高度小 $0.5\sim1\text{mm}$ ，配合间隙取 $0.05\sim0.1\text{mm}$ 或用 H9/f9。

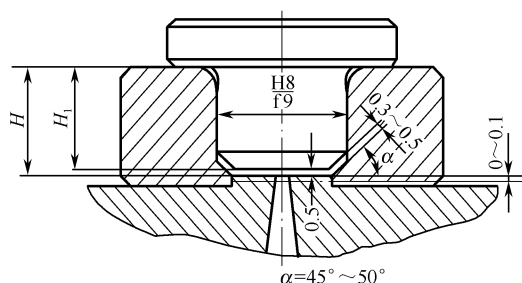


图 3-4 柱塞与加料腔的配合

3.2.4 浇注系统设计

压注模的浇注系统也由主流道、分流道、浇口（进料口）、溢料槽、排气槽等部分组成，但与塑料注射模要求略有不同，塑料在主流道中流动时除要求减少压力损失以外，还要求塑料在高温浇注系统中进一步塑化及提高温度，以便以最佳的状态进入型腔。

1. 主流道形式

常见的主流道形式多为正圆锥形、倒圆锥形及带有分流锥的主流道。

2. 分流道的设置

设计分流道的注意事项：

（1）要保证各型腔的合理布置，并使其具有足够的强度，浇口凝料去除方便，分流道的长度应尽量短，一般取主浇口大端直径的 1~2.5 倍。

（2）应平直，转向处应圆滑过渡，最好开在塑件所留的模板一方。

（3）多型腔时，各型腔的分流道距离应一致，分流道的截面积应等于或大于各进料口截面积之和，通常取 1.5 倍。截面常取梯形，其槽宽为深度的 1.5~2 倍，槽深按塑件大小而定。

3. 浇口（进料口）的开设

浇口的开设直接影响塑件的质量，设计浇口应选择适当的位置、形状及尺寸。

4. 溢料槽和排气槽

1) 溢料槽

为了存储压注时的余料并避免渗入模具的配合孔内，在模具的适当位置或接缝处开设溢料槽。取槽宽为 3~4mm，深为 0.1~0.2mm。

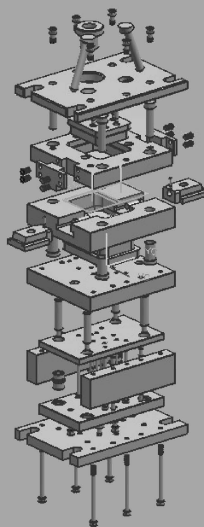
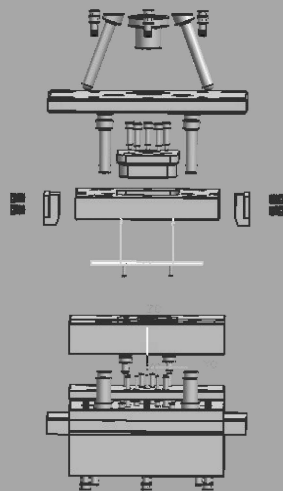
2) 排气槽

压注成型时，型腔原有的空气和因塑料聚合反应而产生的气体均需排出，故应开设排气槽，槽深一般为 0.03~0.05mm，宽为 3~5mm。位置最好开设在分型面上的料流方向末端，对排气及清理飞边有利。通常利用模具零件间的配合间隙及分型面来排气，当不能满足时，应另外开设。

第4章

注射模设计难点与技巧

- 注射模分类及结构识别技巧
- 注射机参数的校核技巧
- 浇注系统设计难点与技巧
- 排气和引气系统的设计
- 推出机构设计难点与技巧
- 侧向分型与抽芯机构设计难点与技巧
- 温控介质循环回路的设计技巧



4.1 注射模分类及结构识别技巧

4.1.1 注射模特点

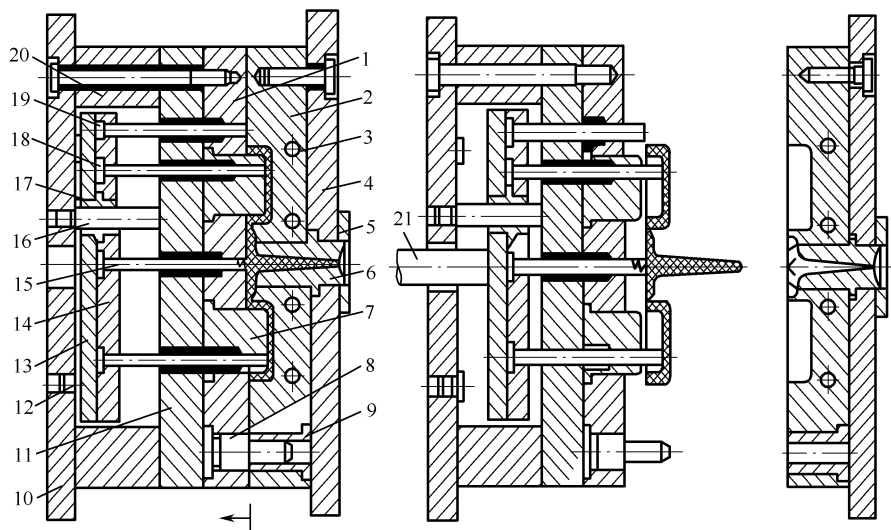
主要用于热塑性塑料。塑料的加热和塑化是在注塑机的高温料筒内完成的，注塑机无加料腔结构，而需要设计浇料筒注系统。成型时，先闭紧模具，熔融塑料通过浇注系统高速注射注入型腔里面。每一模成型中产生的浇注系统凝料为废料，它将损耗部分原料。模温不同，需加热和冷却（根据塑料特性）；成型制品精度较高。生产批量较大时，模具应当设有温度控制系统。适应性强，各种件均可注射；模具复杂，成本高，适于大批量生产。成型周期短，生产效率最高，便于实现自动化操作，因此便于大批量制品的生产。

4.1.2 注射模结构识别技巧

注射模的分类通常是按注射模总体结构特征来分的，所分类型及典型结构如下。

1. 单分型面注射模

图 4-1 所示为单分型面注射模，也叫两板式注射模。这是注射模中最简单且用得最多的一种结构形式，据统计占总注射模的 70%。



1—型芯固定板；2—定模；3—冷却水道；4—定模座板；5—定位环；6—主流道衬套；7—型芯；8,16—导柱；
9,17—导套；10—动模座板；11—垫板；12—调整销；13—顶杆底板；14—顶杆固定板；15—拉料杆；
18—顶杆；19—复位杆；20—动模座；21—顶出杆

图 4-1 单分型面注射模

2. 双分型面注射模具

图 4-2 所示为双分型面注射模，又称三板式注射模。它与单分型面注射模相比，除主分型面外，还增加了一个与主分型面平行的分型面，取浇注系统凝料，因此，称为双分型面注射模。这种注射模主要用于点浇口的注射模，结构较复杂，重量大，成本高。

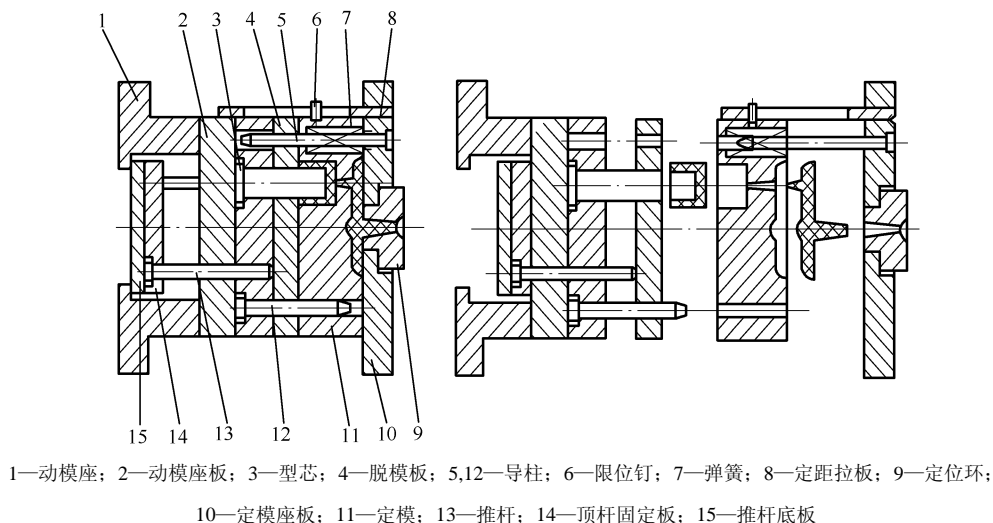


图 4-2 双分型面注射模具

3. 带有活动成型零件的注射模

为简化模具设计和成型时方便，常常在模具中设置活动镶件，这些活动镶件成型塑件的某一部分，开模后连同塑件用手或专用工具分开。

4. 侧向分型抽芯注射模

图 4-3 所示为带侧向分型抽芯注射模，对于带有侧孔或侧凹的塑件，不能直接从模具中顶出，必须先将成型侧孔或侧凹的模具零件从塑件上侧向分开，因此模具须增加抽芯机构或侧向分型机构，使侧型芯做横向运动。

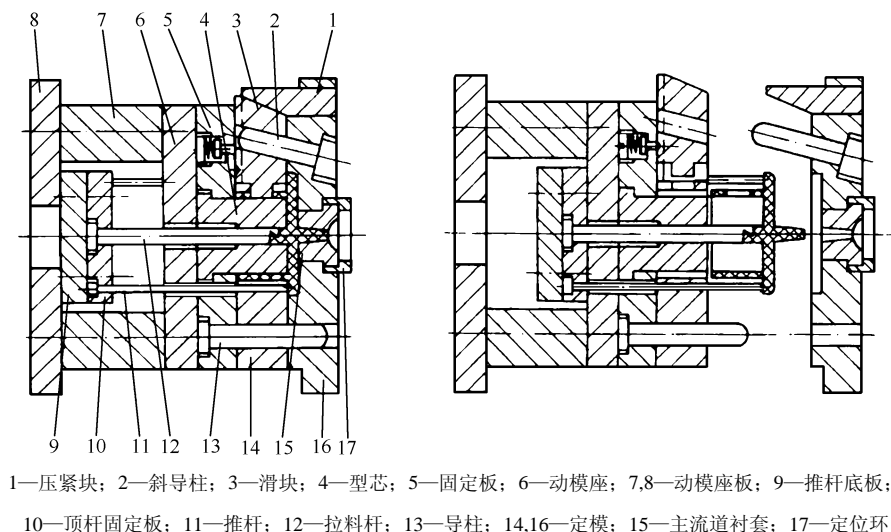
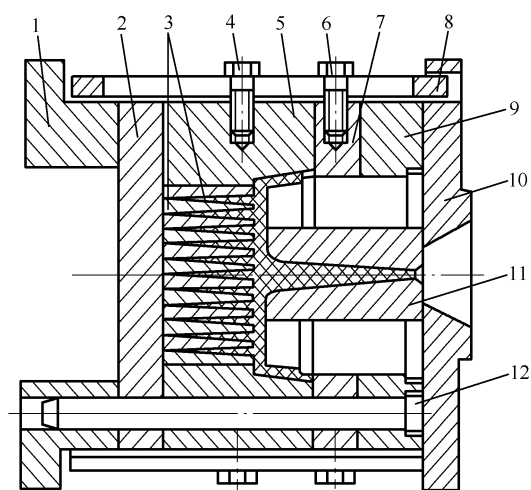


图 4-3 带侧向分型抽芯注射模

5. 定模设推出机构的注射模

图 4-4 所示为定模设推出机构的注射模，由于某些塑件的特殊要求或受形状限制，开模后塑件留在定模一侧或留在动、定模的可能性都有，为此，应在定模一侧设置推出机构。

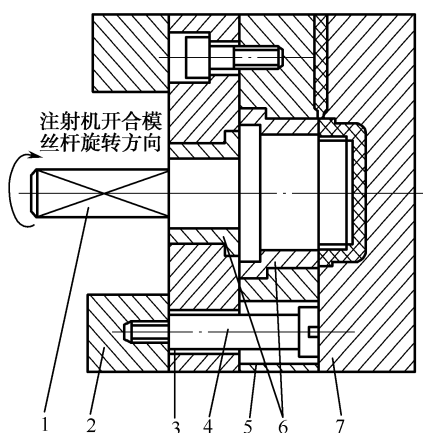


1—动模座；2—支承板；3—镶块；4,6—螺钉；5—型腔；7—脱模板；
8—拉板；9—定模板；10—定模底板；11—型芯；12—导柱

图 4-4 定模设推出机构的注射模

6. 带自动卸螺纹的注射模

图 4-5 所示为带自动卸螺纹的注射模，对于生产批量大的螺纹塑件，采用模具内带有传动机构的模具。



1—螺纹型芯；2—动模座；3—型芯支承板；4—螺钉；5—衬套；6—型芯固定板；7—定模板

图 4-5 带自动卸螺纹的注射模

4.2 注射机参数的校核技巧

设计模具时，当模具总体结构及有关尺寸确定后，应对选用的注射机进行有关参数的校核。

4.2.1 最大注射量的校核

最大注射能力在国际上规定以一次注射聚苯乙烯（密度为 1.04g/cm^3 ，接近于 1，所以常称多少克注射机）塑料的最大克数或容积表示。

在一个注射周期内，注射模内所需的塑料总量 m_i 与模具浇注系统的容积和模腔容积有关，即

$$m_i = Nm_s + m_j$$

式中 N ——模腔数量；

m_s ——单个制品的质量（或体积）；

m_j ——浇注系统和飞边的塑料质量（或体积）。

注射模设计时，必须使 $m_i = (0.1 \sim 0.8)m_k$ ，其中 m_k 为注射机最大注射量。

4.2.2 注射压力的校核

选取时可参考部分塑料的注射压力 P ，见表 4-1。 P 受浇注系统、型腔内阻力、模具温度等因素影响。 P 太大，毛边大，脱模困难，塑件表面质量差，内应力大； P 太小，不能顺利充满型腔，无法成型。

表 4-1 部分塑料的注射压力（MPa）

塑 料	流动性好的厚壁、简单制品	流动性中等或较差的一般制品	流动性较差的薄壁、窄浇口制品
聚乙烯	70~100	100~120	120~150
聚氯乙烯	100~120	120~125	>150
聚苯乙烯	80~100	100~120	130~150
ABS	80~110	100~120	120~150
聚甲醛	85~100	100~120	120~150
聚酰胺	90~101	101~140	>140

4.2.3 锁模力的校核

所谓最大注射面积即模具分型面上允许的制件最大投影面积，作用在该面积上的型腔总压力应小于注射机所允许的锁模力，否则会因锁模不等而溢料。即

$$F_1 \leq (0.8 \sim 0.9)F$$

式中 F_1 ——型腔总压力；

F ——注射机所允许的锁模力。

其中，

$$F_1 = AP$$

式中 A ——制件最大投影面积；

P ——平均模腔压力，可查相关手册。

4.2.4 模具与注射机合模部分相关尺寸的校核

1. 喷嘴尺寸校核

注射模主流道始端凹坑的球面半径应大于注塑机喷嘴球头半径，以利于同心和精密接触，否则主流道内凝料无法脱出。

2. 定位圈尺寸校核

要保证模具主流道中心线与注射机喷嘴中心线相重合。中、小型模具在定模板上设置定位圈，大型模具在动、定模座板上均设置定位圈。

3. 模具外形尺寸校核

模具外形尺寸 < 拉杆间距
模具座板尺寸 < 注射机模板尺寸

4. 模具厚度 H_m

$$H_{\min} \leq H_m \leq H_{\max}$$

式中符号意义见图 4-6。

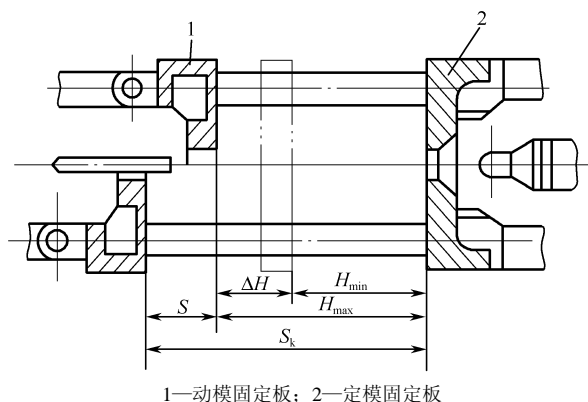


图 4-6 注射机模具厚度关系图

5. 安装模具的螺孔位置尺寸校核

注塑机的固定模板上和移动模板上设有一系列的螺纹孔，以供固定模具之用。压块固定适用于重量较小的小型模具，对模具上模具固定板外形尺寸限制小，但固紧力小于用螺钉固定。螺钉固定适用于重量大的大、中型模具，优点是螺钉固定力大，安全可靠，螺钉松了也不致坠落；缺点是安装麻烦，因注射模板上螺纹孔间距是未注公差尺寸，模具上螺钉穿过孔间距也只能是未注公差尺寸，因此要使几个孔与螺纹孔恰好对准顺利放入较困难；另一缺点是对模具模板外形尺寸限制较死，要与注射机某组螺孔间距符合。

4.2.5 开模行程校核

1. 最大开模行程与模厚无关的校核

例如，液压肘杆式锁模机构，行程内不包括模厚。

(1) 对于单分型面注射模，见图 4-7，有

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{mm}$$

(2) 对于双分型面注射模，见图 4-8，有

$$S \geq H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \text{mm}$$

式中 S ——最大开模行程；

H_1 ——塑件脱模距离；

H_2 ——塑件高度；

a ——浇注系统凝料高度。

2. 最大开模行程与模厚有关的校核

以全液压式的注射机为例。

(1) 对于单分型面注射模，有

$$S_k \geq H_m + H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{mm}$$

(2) 对于双分型面注射模，有

$$S_k \geq H_m + H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10) \text{mm}$$

式中 S_k ——动、定模固定板间距。

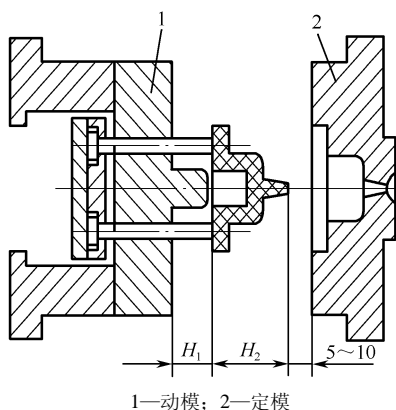


图 4-7 单分型面注射模开模

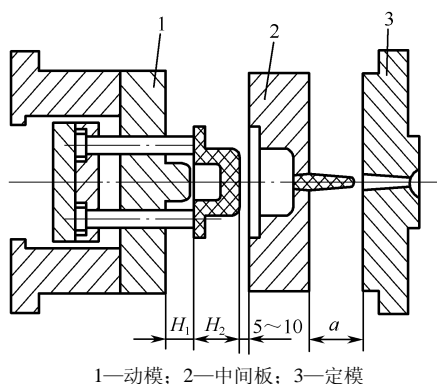


图 4-8 双分型面注射模开模

3. 塑件脱模所需推出距离

推出距离常等于型芯的高度，但对于内侧为阶梯形状的塑件，有些不必推出型芯的全部高度即可取出塑件。

4.3 浇注系统设计难点与技巧

4.3.1 浇注系统组成及设计基本原则

浇注系统指塑料熔体从注射机喷嘴进入模具开始到型腔为止所流经的通道。作用是传递塑料，排出型腔内气体，传递压力，将熔体平稳地引入型腔，使之充满型腔内各个角落，在熔体填充和凝固过程中，能充分地将压力传递到型腔的各个部位，获得组织致密、外形清晰、尺寸稳定的塑件。

浇注系统分普通浇注系统和热流道浇注系统。普通浇注系统又分为直浇注系统和横浇注系统。直浇注系统适用于立式或卧式注射机，横浇注系统适用于直角式注射机，主、分流道在同一平面上。

1. 普通浇注系统的组成（见图 4-9）

(1) 主流道：熔料最先流过的通道，是从注塑机喷嘴与模具接触位起，到分流道为止的这一段流道。作用是负责将塑料熔体输往分流道。

(2) 分流道：过渡通道，是介于主流道和浇口之间的一段流道，开设在分型面上。作用是将主流道送来的塑料

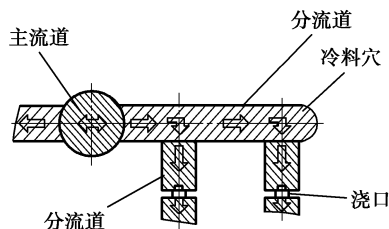


图 4-9 普通浇注系统的组成

分配后，输往各个浇口。

(3) 浇口：连接分流道与型腔之间的一段细短通道。作用是加速熔体，封闭型腔，便于塑件分离。

(4) 冷料穴：储藏冷料，避免阻塞通道。一般在主流道的末端设置，以容纳冷却头。

2. 浇注系统设计的基本原则

必须了解塑料的工艺特性；排气良好；防止型芯和塑件变形；减小熔体流程及塑料耗量，流程长，有熔接痕，则强度差。修整方便，并保证塑件的外观质量；要求热量及压力损失最小；流程应尽量小，浇注系统减少弯折，降低表面粗糙度；减少塑料用量和模具尺寸。和压力损失有关因素：流道及型腔越长，则损失越大；流道断面尺寸越小，则损失越大；塑料黏度越大，则损失越大。要结合型腔布局（见图 4-10）设计，浇注系统的位置应尽量与模具的轴线对称。

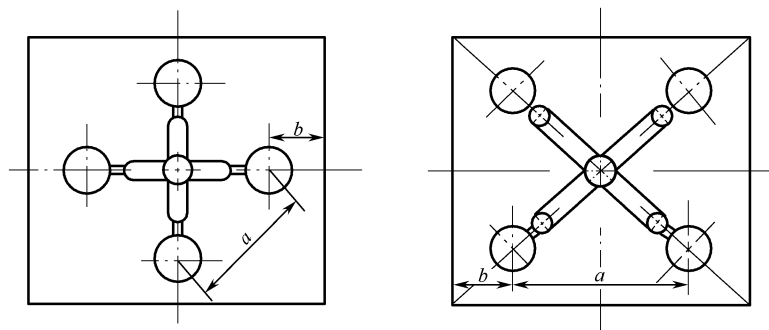


图 4-10 浇注系统与型腔布局的关系

浇注系统在分型面上的投影面积和容积应尽量小，这样既可减小所需锁模力，又能减少塑料耗量，缩短成型周期（见图 4-11）。

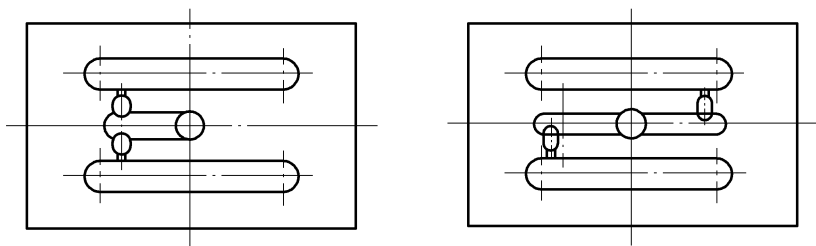


图 4-11 浇注系统与锁模力的关系

避免形成强度不良的熔接缝（见图 4-12）。

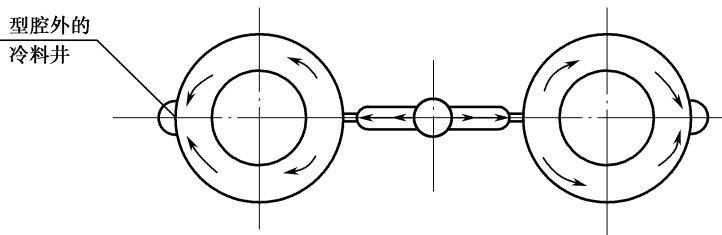


图 4-12 型腔外设置冷料

应防止将大小相差悬殊的塑料制品放在同一模具内。当工件数量少时,可将几个不同形状零件放在一个模具中,省材料,要能保证塑件的质量(避免常见的充填问题)。尽量减少停滞现象,停滞现象容易使工件的某些部分过度保压,某些部分保压不足,从而使内应力增加许多。尽量避免过度保压和保压不足。

过度保压:当浇注系统设计不良或操作条件不当时,会使熔料在型腔中保压时间过长或是承受压力过大,这就是过度保压。过度保压会使产品密度较大,增加内应力,甚至出现飞边。

尽量减少流向杂乱,流向杂乱会使工件强度较差,表面的纹路也不美观。尽可能做到同步填充,一模多腔情形下,要让进入每个型腔的熔料能够同时到达,而且使每个型腔入口的压力相等。

4.3.2 浇注系统设计

1. 主流道设计

一般将主流道设在模具的中心位置,模腔内的塑料以模具的中心进行对称平衡布局。

卧、立式注塑机用模具的主流道垂直于水平分型面,而角式注塑机用模具的主流道平行并位于水平分型面上。主流道的端面形状多为圆形。一般不将主流道直接开在定模板上,而是将其单独设在一个衬套中,然后将衬套镶入模板内,此衬套称为浇口套。

主流道轴线一般位于模具中心线上,与喷嘴轴线重合。断面形状为圆形,直径不能过小或过大。过小,塑料在流动过程中冷却面积相对增加,热量损失大,黏度增加,流动性降低,成型压力损失大,成型困难;直径过大,使流道容积加大,塑料耗量增加,塑料流动中压力减弱,冷却时间延长,易产生紊流或涡流,使塑件产生气孔,影响塑件质量。一般,流动性好,塑件较小,主流道设计得小些;流动性差,塑件较大,主流道设计得大些。

设计技巧:截面形状、锥度、孔径、长度、球面 R 、圆角 r ,如图4-13所示。

为减小流动阻力,则 $d < D$,有

$$D = d + (0.5 \sim 1) \text{mm}$$

为防止溢料,有

$$R = r + (1 \sim 2) \text{mm}$$

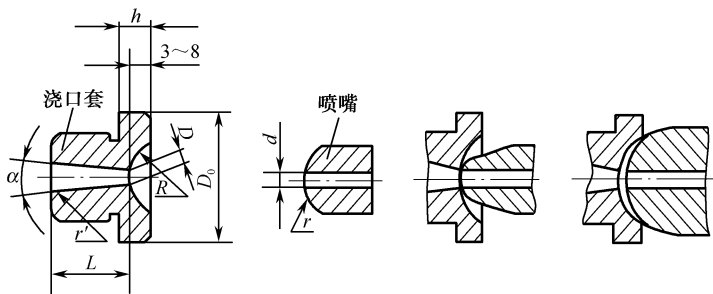
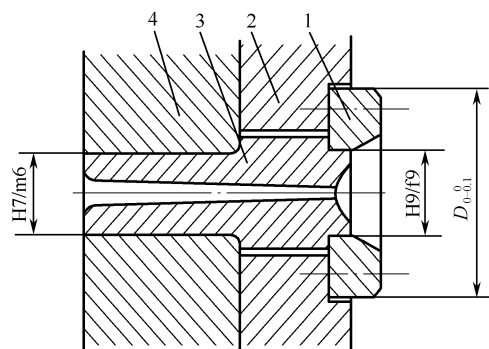


图4-13 喷嘴与浇口套的关系

为便于凝料从主流道中拔出,锥角 α 一般取 3° 、 4° 左右,不要太大。对流性差的塑料可增大到 6° 左右。主流道的长度一般 $H \leq 60 \text{mm}$ 。实际上定模和定模座板厚度决定其长度。主流道锥度表面粗糙度为 $0.4 \mu\text{m}$ 。主流道与分流道结合处采用圆角过渡,其半径 r 为 $1 \sim 3 \text{mm}$,圆角过渡,以减小流动阻力和速度。

主流道不要分散组织，当主流道通过两块模板时，两板的拼缝间会溢入熔体，冷料脱模困难。必要时采用如图 4-14 所示结构，主流道穿过两块模板时应呈阶梯状，或采用浇口套。



1—定位圈；2—座板；3—浇口套；4—定模

图 4-14 主流道设计技巧

浇口套的长度应与定模板厚度一致，它的根部不应凸出在分型面上，否则会造成合模困难，不严密，产生溢料，甚至压坏模具。

设置主流道衬套（见图 4-15）：

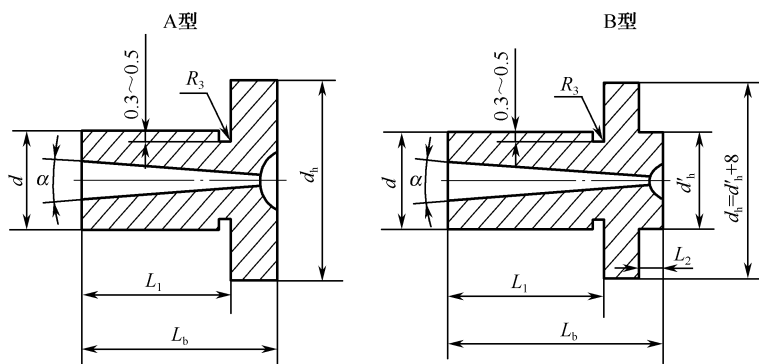


图 4-15 主流道衬套的形式

一般主流道不直接开在定模板上，而是制造单独的可拆卸浇口套，选用优质钢材，为防止衬套在熔体反压力作用下退出定模板而设计的，用定位圈压住衬套大端台阶，再用螺钉将定位圈紧固在定模座板上。

主流道的上端做成凸台高 5~10mm，与定模板孔径间隙配合，凹坑 3~5mm。浇口套与安装孔应为过渡配合，见图 4-16。

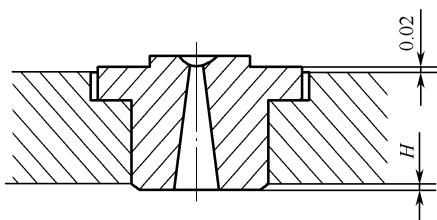


图 4-16 主流道配合技巧

2. 分流道设计

分流道的断面形状及尺寸（见图 4-17）：分流道一般开在分型面上。分流道断面不能过大或过小。常用的分流道断面形状为 U 形、梯形、正六边形等。断面为圆形的分流道应用效果最好，但圆形分流道工艺性较差。分流道的断面形状及尺寸大小，应根据塑料品种、成型塑件的体积、塑件壁厚、塑件形状、分流道长度及注射速度等而定。

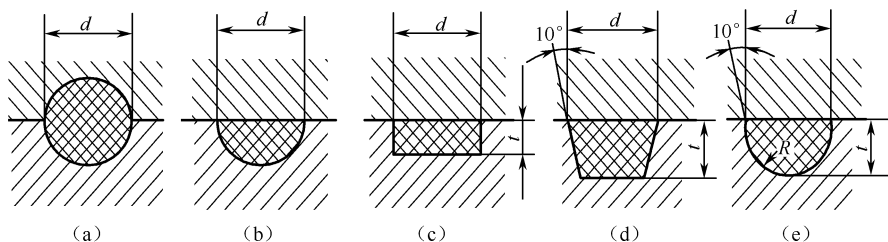


图 4-17 分流道形式

圆形截面：优点是流道形状效率较高；缺点是增加制作费用及成本，稍不注意会造成流道交错而影响流动效率。

矩形截面：流道效率与圆形相当，但面积却比圆形流道多出 27%，增加了射出废料，而且会造成顶出力量增加的现象。

梯形截面：面积比圆形流道多出 39%，更加浪费，但是与圆形流道相比，优点是制造简便。

U 形截面：又称改良式梯形流道，结合圆形与梯形的优点改良而成，面积仅比圆形流道多出 14%。

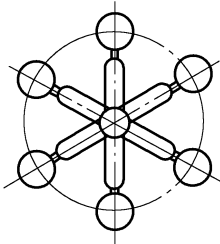
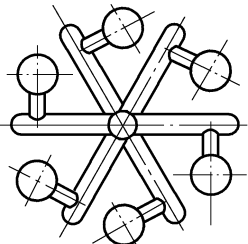
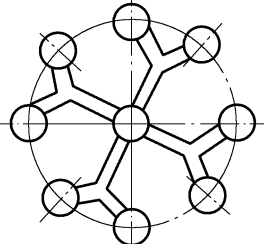
六角形截面：其面积仅为圆形流道的 82%，是最理想的浇道，但是制造不易，通常不考虑使用。

分流道的布置形式：

平衡式布置（见表 4-2）：将通往各个型腔的分流道的断面形状、大小及分流道长度都取作一致。主流道到各个型腔的分流道均相等。

非平衡式布置（见表 4-3）：主流道到各个型腔的分流道长度不等，须将浇口开成不同尺寸。

表 4-2 分流道平衡式布置的形式

<p>分型面为圆形时的 环形排列</p>	 <p>(a)</p> <p>布局简单，加工方便，但只能布置有限的型腔</p>	 <p>(b)</p> <p>好于图 (a) 所示形式，分流道末端有冷料井</p>	 <p>(c)</p> <p>与图 (a), (b) 所示形式不同之处，是在有同样型腔数目时流道冷料少</p>
--------------------------	--	--	---

续表

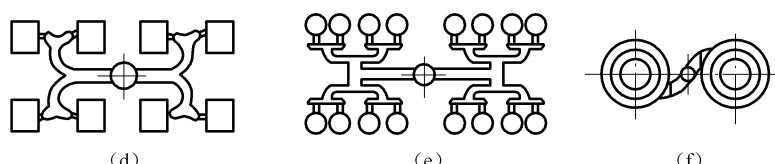
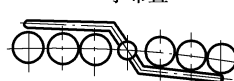
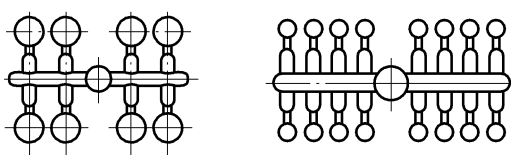
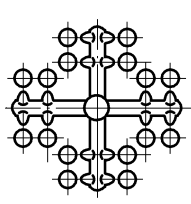
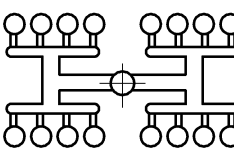
分型面为矩形时的排列	 <p>(d) (e) (f)</p> <p>与环形排列相比,在有同样型腔数目时,模板尺寸可减小但流道转弯较多,压力损失大,加工也较困难,同时冷料多</p>
------------	--

表 4-3 分流道非平衡式布置的形式

<p>一字布置</p> 	 <p>(a) (b)</p>
 <p>(a)</p>	<p>对称布置</p>  <p>(b)</p>

分流道设计要点:

分流道的断面和长度设计,应在保证顺利充模的前提下,转折处圆角尽量取小,使流动阻力减小。分流道的表面积不必很光,表面粗糙度一般为 $1.6\mu\text{m}$,有利于保温。当分流道较长时,可将分流道的尽头沿前进方向稍稍延长作为冷料穴,使冷料不致进入型腔。分流道与浇口的连接处要以斜面或圆弧过渡(见图 4-18)。

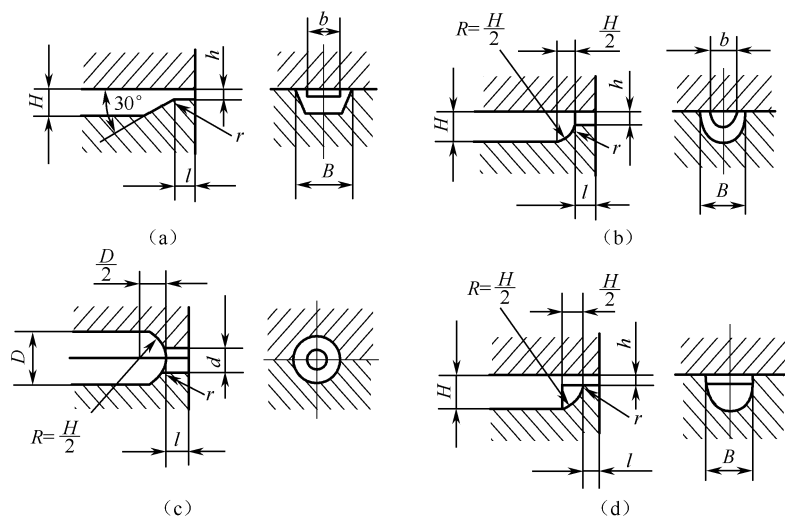


图 4-18 分流道与浇口的连接形式

布置分流道时, 还应注意使腔内塑料胀模力的中心与设备锁模力的重心重合, 以防发生溢料现象。

设计分流道时, 应先取较小的尺寸, 便于试模后根据实际情况进行修正; 分流道较多时, 应加设分流锥 (见图 4-19); 保证各型腔均衡进料; 支分流道一致且尽量短, 主分流道断面不小于各支分流道断面积之和; 一模几件要求分流道与件数相适应。

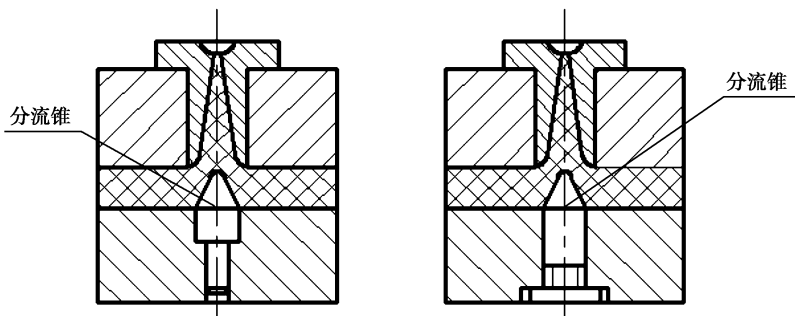


图 4-19 分流锥结构形式

动、定模都开分流道适于流动性差的塑料, 模具加工精度高, 对中性强。模具一边开分流道适于有时要加分流道拉料杆或推杆, 以便开模时流道料的脱模。分流道的截面厚度要大于制品的壁厚。对于含有玻璃纤维等流动性较差的树脂, 流道截面要大一些。分流道的尺寸尽可能短, 尽可能小。要便于加工及选择刀具。每一节流道要比下一节流道大 10%~20%。

分流道的尺寸设计:

流道的直径过大, 不仅浪费材料, 而且冷却时间增长, 成型周期也随之增长, 造成成本上的浪费。流道的直径过小, 材料的流动阻力大, 易造成充填不足, 或者必须增加射出压力才能充填。因此流道直径应适合产品的重量或投影面积。流道长度宜短, 因为长的流道不但会造成压力损失, 不利于生产, 同时也浪费材料; 但过短, 产品的残余应力增大, 且容易产生毛边。

流道长度可以按如下经验公式计算:

$$D = \frac{\sqrt[4]{LW}}{3.7}$$

式中 D ——分流道直径 (mm);

W ——产品质量 (g);

L ——流道长度 (mm)。

3. 浇口的设计

浇口的作用是封闭型腔。

浇口按宽度分类:

窄浇口: 点或针浇口, 阻力非常大, 用于流动性好的塑料。压力损失大, 比宽浇口损失大 30%, 注射周期短, 浇口处内应力小, 用于边缘或中心进料塑件, 有点浇口、侧浇口、瓜形浇口等。

宽浇口: 压注中环形浇口, 料进入平稳, 应力小, 但去掉较难, 减少塑件收缩、气泡及熔接痕, 适于直接进料件、黏度高塑料, 如扇形、盘形等。

浇口按特征分类:

限制浇口：分流道与型腔间采用一段距离很短、断面积很小的浇口相连，用于多腔模，有分流道，如侧浇口等。

非限制浇口：又称直接浇口、中心浇口或主流道型浇口，塑料通过流道直接进入型腔，主流道下来就是工件，无分流道，阻力小，压力损失小，节约塑料，模具结构简单，但易倒流，冷凝时间长，塑件残余应力大，塑件修整费时。

浇口的断面形状及尺寸：

一般为矩形。 $Ra=0.4\mu\text{m}$ ，否则易产生摩擦阻力。浇口的断面形状有圆形、矩形或正方形。取较小的浇口，可以增加物料的充模流速，产生摩擦热或增大剪切速率来提高流动性，控制浇口封闭时间，降低模塑周期，易于平衡各型腔的进料速度，尤其是使平衡式分流道达到各浇口同时进料，容易与塑件脱离。

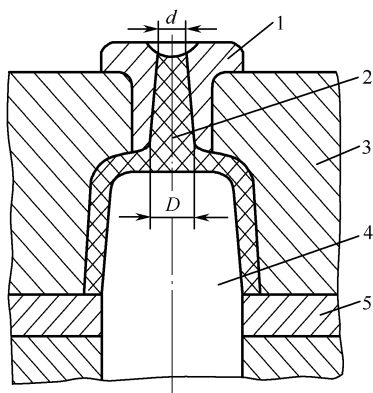
浇口过小会造成太大的流动阻力，延长进料时间。浇口厚度 $a=(1/3\sim 2/3)$ 塑件壁厚，宽度 $b=(5\sim 10)a$ ，长度 $c=0.5\sim 2\text{mm}$ 。

浇口断面尺寸大小与塑料流速及流态有直接关系，对塑件质量影响很大。当浇口较薄时，会提高流速，有利于薄壁件，能获得清晰塑件外形，减小应力，防止弯曲及变形。过薄，会使塑料未充满型腔就冷凝，造成压力损失大，成型困难，甚至还会使塑料形成喷雾状，高速射入型腔后与空气混淆，气体不能顺利排出，致使塑件产生气泡、表面气穴、麻点等现象。适当增厚浇口，进入速度降低，有利于排气，有利于填充过程保持料温，使熔料更好地熔合，避免产生缩孔，减小塑件表面粗糙度，且有利于在保压过程中压力的传递和补料，但过厚浇口，流速太低，延长填充时间，温度下降过多，产生明显熔接痕及表面形成云层现象，轮廓不清，去浇口困难。

浇口的形式及其特点：

1) 直接浇口（见图 4-20）

无分流道（实际上无浇口），压力损失小，阻力小，一般一模一件（工件较大）；去除废料困难，需在车床上切削掉，若在内侧则用钳子掰下来即可；易产生倒流（无浇口），须延长时间。优点是利于排气和消除熔接痕，模具机构简单而紧凑。缺点是周期延长，超压填充，容易产生残余应力。适用于单腔模。



1—浇口套；2—塑件；3—定模板；4—型芯；5—推板

图 4-20 直接浇口

2) 盘形浇口 (见图 4-21)

盘形浇口又叫中心浇口, 料从型腔中心环形或数股进料。流程短, 浇口废料去除麻烦。圆盘浇口经常用于成型内侧有开口的圆柱体或圆形制品。此类型浇口适用同心, 且尺寸要求严格, 以及不许有熔接痕生成的塑料制品。典型的浇口厚度是 $0.25 \sim 1.27 \text{mm}$ 。

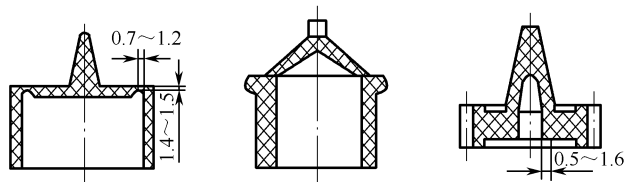


图 4-21 盘形浇口

环形浇口是盘形浇口的变异, 是旁侧进料的盘形浇口。优点是进料均匀, 流速大致相同, 空气容易顺序排出, 同时避免了侧浇口的型芯对面的熔接痕。适于薄壁长管件, 能使塑料绕型芯均匀地进入型腔, 填充理想, 排气效果好, 能减少熔接痕, 流程短, 但去除浇口麻烦, 浇口宽是圆周长, 进料平稳。使用环状浇口, 熔料自由地沿环状浇口中心部分流动, 然后熔料向下流动充填模具。典型的浇口厚度是 $0.25 \sim 1.6 \text{mm}$ 。

3) 轮辐式浇口 (见图 4-22)

这种浇口将整圆周进料改成了几小段圆弧进料。四点进料便于去掉废料, 易形成熔接缝。轮辐式浇口又称为四点浇口或十字浇口。此种浇口适用于管状塑料制品。

优点: 浇口容易去除, 浇口回头料较少, 节省材料。

缺点: 熔接痕增多, 塑件强度受到影响, 而且不可能制造出完善的真圆。

典型的浇口厚度为 $0.8 \sim 4.8 \text{mm}$, 宽度为 $1.6 \sim 6.4 \text{mm}$ 。

4) 爪形浇口 (见图 4-23)

三点去除废料。

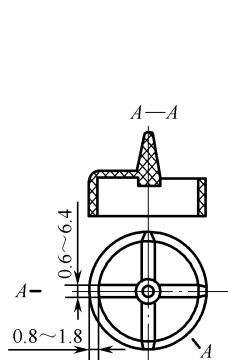


图 4-22 轮辐式浇口

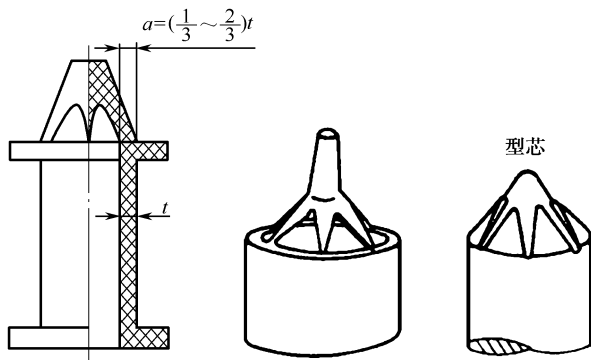


图 4-23 爪形浇口

5) 侧浇口 (见图 4-24)

一般多腔, 对于框架形在里面进料, 大件四面进料 (电视机外壳八点进料)。一般开设在分型面上, 适合于一模多腔, 浇口去除方便; 但压力损失大, 壳形件排气不便, 易产生熔接痕。

典型的浇口尺寸: 厚度为 $0.4 \sim 6.4 \text{mm}$, 宽度为 $1.6 \sim 12.7 \text{mm}$ 。

6) 扇形浇口 (见图 4-25)

此浇口的加工虽困难一些,但有助于熔体均匀地流过扇形浇口。

优点:使塑料充模时横向得到更均匀的分配,降低制品的内应力和带入空气的可能性。

适用于表面积较大的扁平塑件及细长形件。

典型的浇口尺寸:厚度为 0.25~1.6mm,宽度为 6.4mm 至 25% 的型腔侧壁的长度。

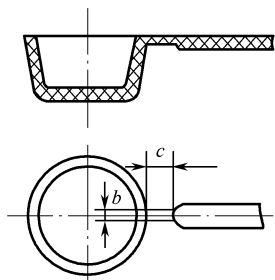


图 4-24 侧浇口

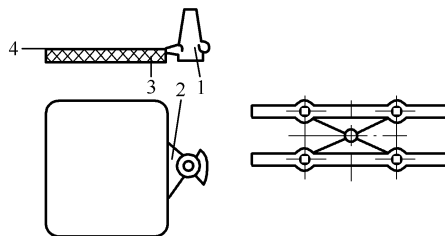


图 4-25 扇形浇口

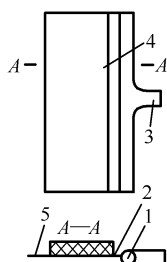


图 4-26 平缝浇口

7) 平缝浇口 (见图 4-26)

特点是将浇口的厚度减薄,而宽度取浇口边制品宽度的 1/4,浇口台阶长约 0.65mm。

优点:能使物料在平行流道内均匀分配,以较低的线速度平行均匀地进入型腔,降低了制品的内应力,减少了因取向而产生的翘曲。

缺点:提高了制品的生产成本。

它适于成型大面积的扁平制品,用于成型板、条之类的大面积扁平塑件,且翘曲要保持最小的设计。对有透明度和平直度要求,表面不允许有流痕的片状塑件尤其适宜。与环状浇口类似,但用于平直边缘的塑件。

典型的浇口厚度是 0.25~0.63mm,其长度必须短,大约 0.63mm。

8) 点浇口 (见图 4-27 和图 4-28)

点浇口是一种断面尺寸很小的浇口。需增加分型面取出废料,即三板式模具。

优点:自行切断,无须修剪浇口,生产效率高。单腔模、多腔模均适用。脱离后的点浇口凝料可以由手工取出或靠点浇口自动脱落机构脱模。

适于多型腔、三板两开式模具,开模时点浇口自动脱落。浇口小,压力损失大,需要较高的注射压力。

9) 潜伏式浇口 (见图 4-29)

实际上是点浇口,用于特殊件。浇口开在型芯一侧,开模时浇口自动切断。采用潜伏浇口只需要两板式的单分型面模具,而采用点浇口则需要三板式的双分型面模具。潜伏式浇口又分外侧潜伏式浇口 (见图 4-30) 和内侧潜伏式浇口 (见图 4-31)。

特点:浇口位置一般选择在制品侧面不影响外观的地方或是加工圆柱形分流道;分流道设置在分型面上;浇口部位宜设计为镶拼结构。

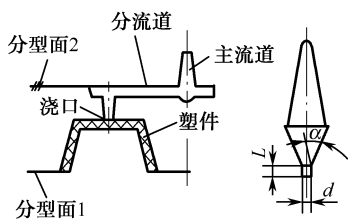


图 4-27 点浇口

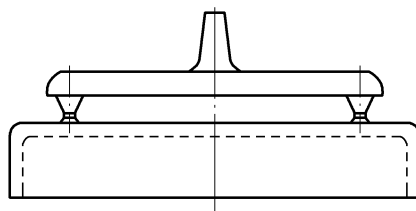


图 4-28 多点浇口

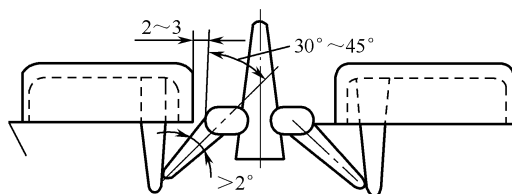


图 4-29 潜伏式浇口

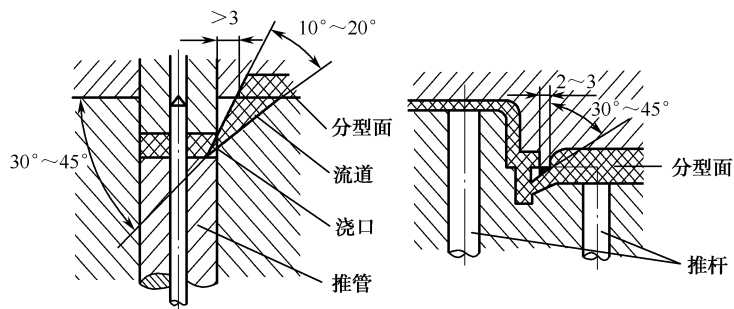


图 4-30 外侧潜伏式浇口

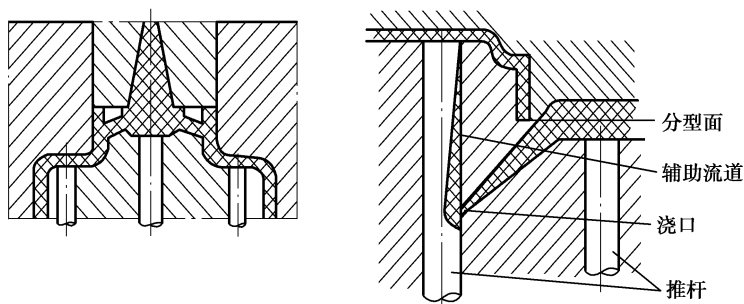


图 4-31 内侧潜伏式浇口

10) 护耳式浇口 (见图 4-32)

小浇口加护耳, 作用是可以避免喷射现象, 降低速度, 均匀地进入型腔, 确保制件质量。缺点是割除护耳比较麻烦。适于有机玻璃、聚碳酸酯等透明材料和大型 ABS 塑料成型。料从浇口进会产生喷射 (太快) 雾状, 影响制件质量 (产生赤斑), 因此通过护耳再进入型腔。通常应用于平板状且薄的成型品, 以降低型腔内的剪应力。

浇口周围产生的高剪切应力局限于辅助凸片，而凸片将在射出成型后去除。

凸片浇口广泛应用于 PC、SAN 和 ABS 等树脂的成型。凸片的最小宽度为 6.4mm，最小厚度为型腔深度的 75%。

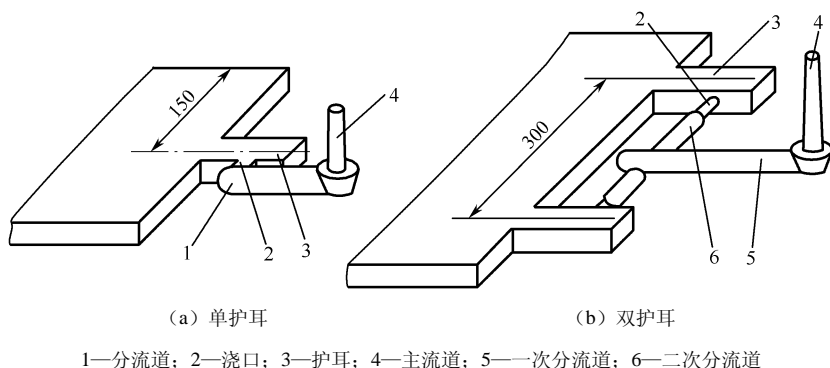


图 4-32 护耳式浇口

浇口类型的选择原则：按塑料品种选择浇口；按塑件尺寸形状选择浇口；按塑件质量要求选择浇口；按模腔数量选择浇口；为提高塑件的生产率，应尽量选用小断面浇口；按塑件翘曲变形程度选择浇口。一般选择浇口时应遵循的原则是，当产生某些不同程度的矛盾时，应以保证得到优质产品为主，排除次要因素，根据具体情况决定。

浇口位置的选择：浇口的尺寸及位置选择应避免料流产生喷射和蠕动（蛇形流）。

蛇形流产生原因：浇口尺寸小，流速过大，浇口正对又宽又厚的型腔，则高速流动熔料流过浇口时，受很大的剪切应力作用，连续不止产生雾状喷射或蠕动（蛇形流）。喷射结果使塑件产生波状流痕和明显熔接痕，空气难以排出，形成气泡和焦点。

克服办法：加大浇口尺寸（使流速降低）；采用冲击型浇口；采用护耳浇口。

浇口应开设在塑件断面较厚的部位（见图 4-33），有利于熔体的流动和补缩。

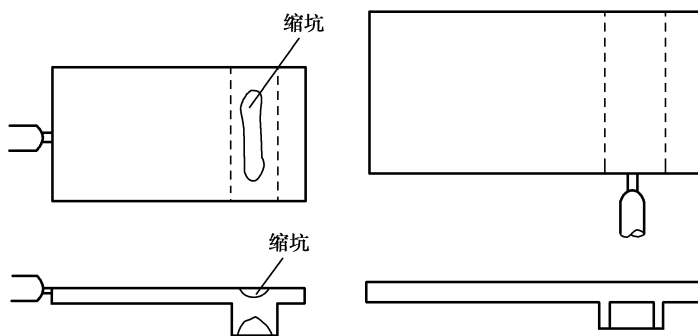


图 4-33 浇口位置对缩孔的影响

浇口位置的选择应使塑料流程最短，料流变向最少（见图 4-34）。

浇口位置的选择应减小内应力和翘曲变形，对称的浇口可以防止翘曲（见图 4-35）。

浇口位置的选择应有利于型腔内气体的排出（见图 4-36）。否则会造成短射、烧焦，或在浇口处产生高的压力。

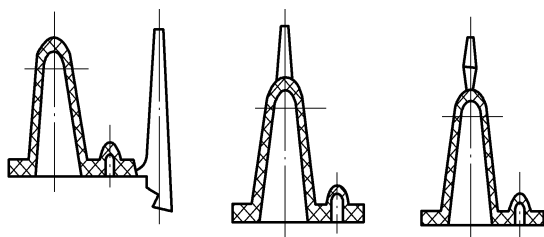


图 4-34 浇口形式和位置对填充的影响

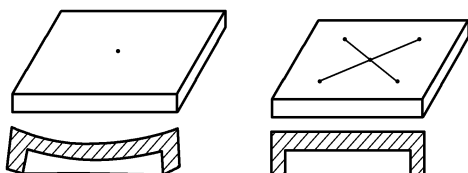


图 4-35 大型板状件采用多点浇口可减小变形

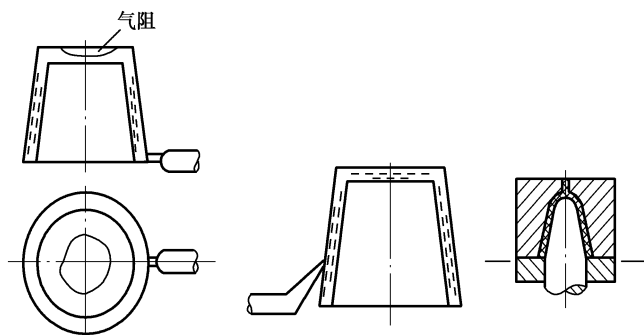


图 4-36 浇口形式不当产生气阻及解决办法

浇口位置的选择应减小或避免塑件的熔接痕，增加熔接牢度（见图 4-37 和图 4-38），如果实在无法避免，应使它们不处于功能区、负载区和外观区。

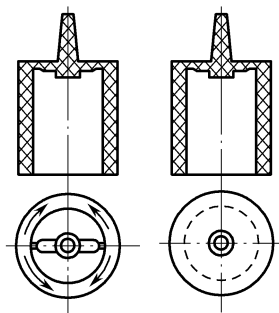


图 4-37 采用无熔接痕的浇口

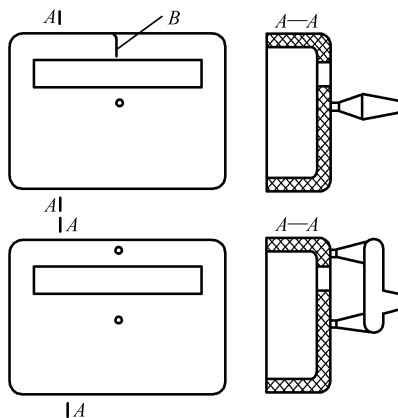


图 4-38 采用多点浇口增加熔接牢度

浇口位置的选择应防止料流将型芯或嵌件挤压变形（见图 4-39）。

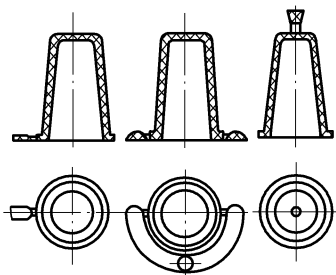


图 4-39 改变浇口位置防止型芯变形

浇口位置的选择应考虑高分子定向对塑件的影响，注射时尽量减小高分子沿流动方向上的定向作用，以免导致塑件性能、应力开裂和收缩等的方向性，尽量避免由于定向造成的不利影响，利用定向产生有利影响。

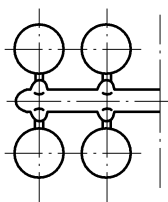


图 4-40 冷料穴的形式

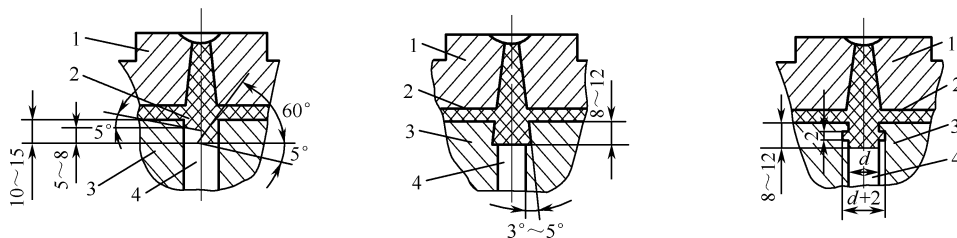
4. 冷料穴和拉料杆的设计

冷料穴的作用是储藏冷料头及使熔料顺利充模。冷料穴位置在主流道的末端或分流道的尽头，在动模或下模一侧（见图 4-40）。底部常做成曲折的钩形或下凹槽，使冷料穴兼有开模时将主流道凝料从主流道中拉出来附在动模边的作用。并非所有注射模都要开设冷料穴，有时由于塑料性能和注射工艺的控制，很少产生冷料或塑件要求不高及浇注系统的不同形式，可以不必设置冷料穴。

拉料杆设计：

（1）钩形（Z 形）拉料杆（见图 4-41）：固定推杆固定在板上，随顶出机构上下，顶出以后再横向，才能使废料下来，有时零件不能做横向移动，则不便于自动化生产，因此采用倒锥形。

（2）锥形或沟槽拉料穴：工件不能左右横向移动时采用，锥度不要太大，否则顶不出，要求 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。



1—定模；2—冷料穴；3—动模；4—拉料杆

图 4-41 钩形（Z 形）拉料杆和底部带推杆的冷料穴

（3）球形头拉料杆（见图 4-42）：球形头与钩形（Z 形）拉料杆不同，不经常用，必须与推板联合作用，尾部固定在型芯固定板上，便于自动化生产。

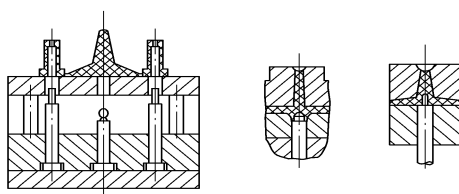


图 4-42 球形头拉料杆及其变异形式

4

4.4 排气和引气系统的设计

4.4.1 排气系统的设计

注射时，利用分型面、配合间隙及排气槽排气。

排气槽（见图 4-43）：适用于较大塑件或成型过程中有大量气体产生的情况。

排气槽开在分型面上或靠近嵌件或壁厚最薄处。排气槽应开在型腔最后填充部位，排气槽不应正对操作工人。

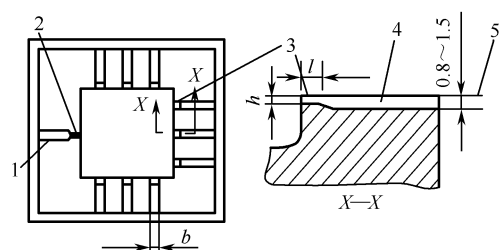


图 4-43 排气槽的形式

图 4-43 排气槽的形式

利用模具分型面和配合间隙自然排气：

排气间隙以不产生溢料为限（见图 4-44 和图 4-45），通常为 0.03~0.05mm。

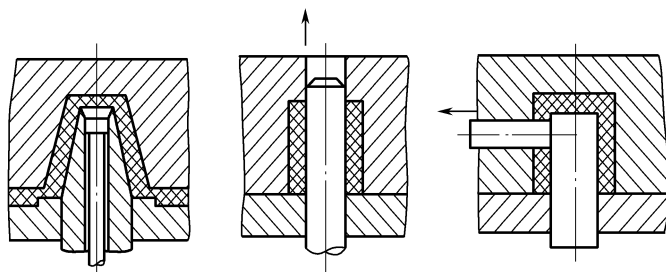


图 4-44 间隙排气的几种形式

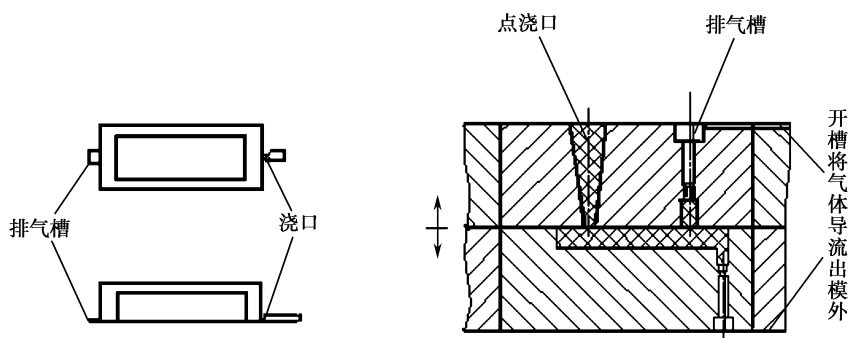


图 4-45 排气结构设计

4.4.2 引气系统的设计

引气系统顶出时用。大型深壳形塑件包紧型芯形成真空，难以脱模，需要引气装置。

引气形式：镶拼式侧隙引气（见图 4-46）、针阀式引气（见图 4-47）。

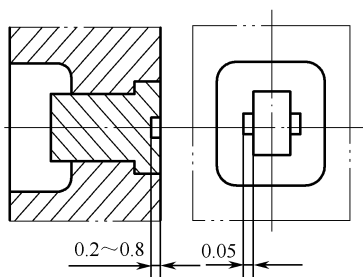


图 4-46 镶拼式侧隙引气

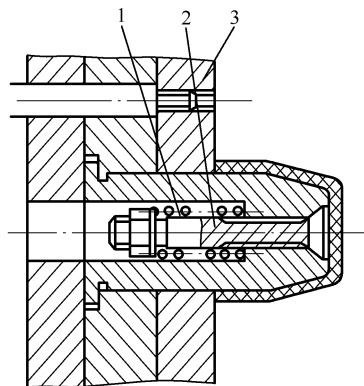


图 4-47 针阀式引气

4.5 推出机构设计难点与技巧

在注射成型的每一循环中，塑件必须由模具的型腔或型芯上脱出，脱出塑件的机构称为推出机构。推出机构组成（见图 4-48）：推出部件（推杆、拉料杆、复位杆、推杆固定板、推杆垫板、限位钉）、推出导向部件（推杆导柱、推杆导套）、复位部件（复位杆）。

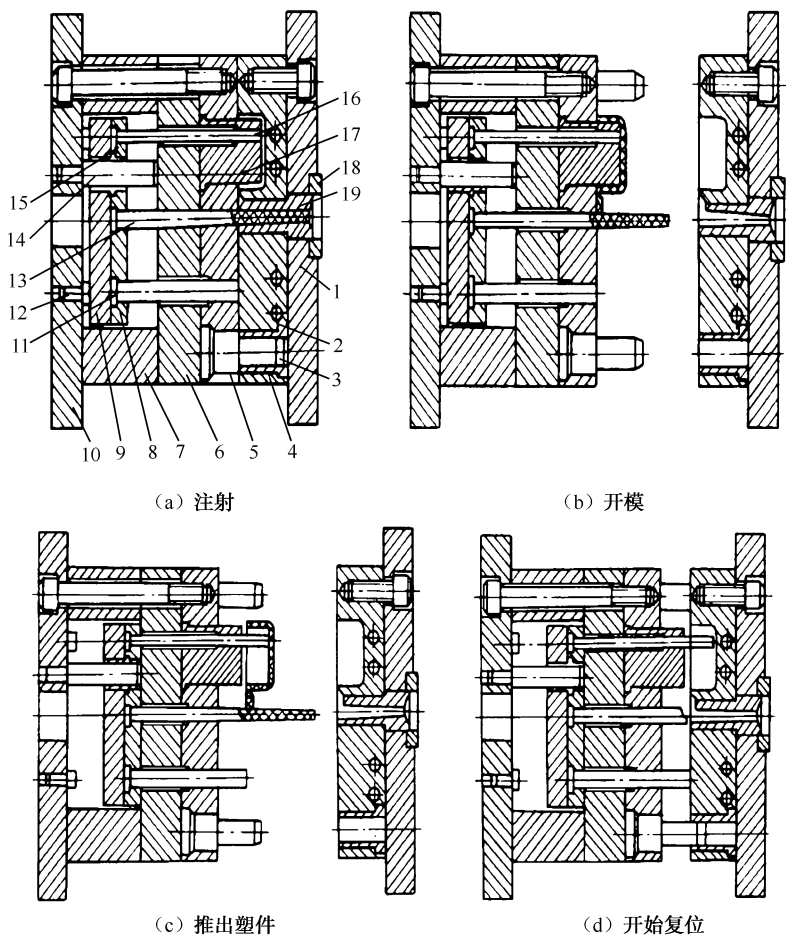
限位钉：形成间隙，清除废料及杂物。利用其厚度控制顶杆位置及顶出距离。

塑件留在动模：动模上具有顶出装置，塑件留于动模推出机构简单，否则要设计定模推出机构。保证塑件不因推出而变形或损坏。推出部位靠近型芯，顶在刚性和强度大的部位。

影响包紧力和黏附力的因素：与塑料性能、几何形状、模温、冷却时间、脱模斜度有关。

推出机构要保证塑件良好的外观，结构可靠，接触塑件的配合间隙无溢料现象。为实现注射生产的自动化，塑件要实现自动坠落，浇注系统凝料能脱出且自动坠落。每一副模具的顶杆直径最好是加工成直径相同的，使加工容易。尽量选在垂直壁厚的下方，可以获得较大

的顶出力。圆推杆的顶部不是平面时要防转，把塑件推出模具 10mm 左右；如果脱模斜度较大，可以顶出塑件深度的 2/3。



1—定模座板；2—导套；3,14—导柱；4—定模；5—推板；6,9—座板；7—支承块；8—垫板；10—底板；11—复位杆；12—垫块；13—拉料杆；15—垫板；16—顶杆；17—型芯；18—定位环；19—浇口套

图 4-48 推出机构动作过程

4.5.1 简单推出机构的设计

简单推出机构也叫一次推出机构。其推动杆件均固定于一块板上，可将制品一次推离模具。

1. 推杆推出机构

推杆推出的优点：推杆加工简单，更换方便，推出效果好。因推杆面积较小，易应力集中而推坏塑件或推变形。适用于脱模阻力小的简单塑件，不宜用于脱模斜度小和阻力大的管形或箱形塑件的推出。

推杆的形状如图 4-49 所示。

在整体式型腔或在镶件上设置推杆时采用圆形推杆最方便；在型腔或镶件的拼合处设置推杆时，可采用矩形断面；其他断面形式的推杆可根据模具设置推杆几何形状来选择。

根据推杆功能分：

普通推杆：只起推出塑件的作用，应用最广，有标准件可选用。

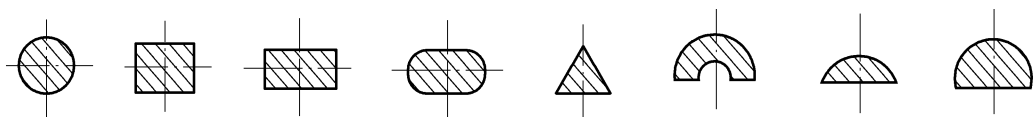


图 4-49 推杆的形状

成型推杆：除起推件作用外，本身还直接参与成型，可做成与塑件某一部分相同，也可作为型芯。

锥面推杆：对于一些要求配合间隙很小的推杆，当模具需要加热时，使用圆形断面推杆发生困难，就应采用锥面推杆，这种推杆推件时无摩擦，工作端面与塑件接触面积大，推出的塑件表面平整，而在推件时，型腔表面与塑件之间迅速进气，便于脱模。

常用推杆形状：等截面圆形推杆、阶梯形推杆、组合结构推杆，其中锥面推杆注射成型时无间隙，推出时无摩擦。

2. 推杆设计技巧

推杆的位置应选在脱模阻力大的地方及设在塑件强度、刚度较大处，以免塑件变形损坏（见图 4-50）。

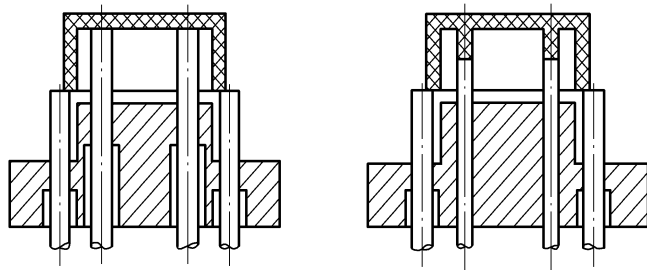


图 4-50 推杆的位置

不要刮伤型芯，不要让浇口对准顶杆端面，过高压力会损伤推杆。只要不损伤塑件的外观，尽可能多设顶杆，减小塑件的脱模接触应力。

推杆推出型腔顶面 10mm 左右，注射时高出型芯或型腔表面 0.05~0.1mm，见图 4-51。推杆与其配合孔或型芯孔配合为 H8/f7，配合长度 $S=(1.5\sim 2)d$ ， d 为推杆直径，最小不应小于 6mm，通常不小于 12mm，见图 4-52。推杆的直径，根据压杆稳定公式与强度公式校核，一般取 $\phi 1.25\sim 12\text{mm}$ 。

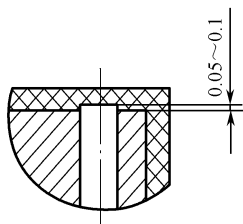


图 4-51 推杆端面的高度

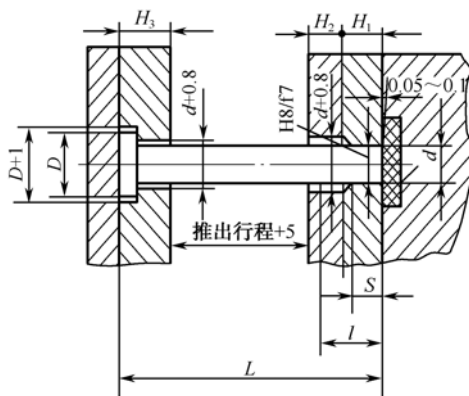


图 4-52 推杆的装配尺寸

推杆的工作长度 $l=S+\text{推杆行程}+3\text{mm}$ ；推杆总长度 $L=H+H_2+H_3+\text{推杆行程}+5\text{mm}$ ；推杆与塑料接触并与孔经常摩擦，因此多采用热处理后硬度高的材料制作。推杆的数量不宜过多。应避免冷却水道。推杆应在排气困难的位置，可兼起排气的作用。

推杆的材料多为 45 钢、T8 钢或 T10 钢，推杆头部需淬火硬度大于 HRC50，表面粗糙度在 $Ra1.6$ 以下。

3. 常见推杆推出机构的结构形式（见图 4-53）

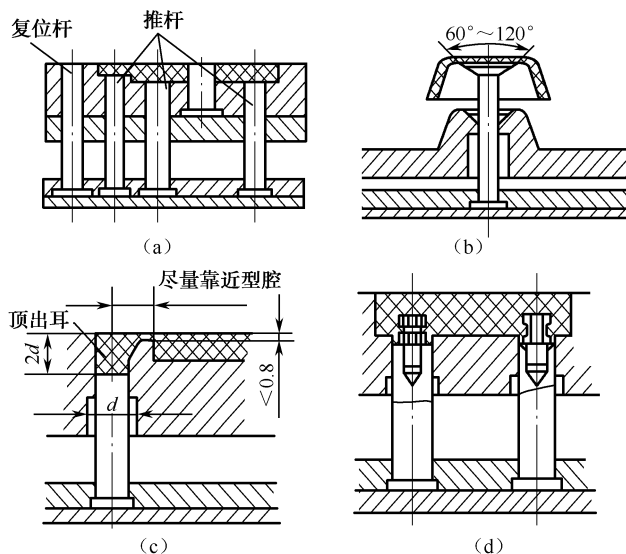


图 4-53 推杆推出机构的结构形式

4. 推管推出机构

推管推出机构材料、硬度与顶杆相同。薄壁圆筒形或局部圆筒形推管（面接触）不能用推杆（点接触）。适用范围为圆筒形塑件或推塑件上的圆孔凸台。特点是动作均衡可靠，无推出痕迹，不适用于软塑料或薄壁深筒形件的推出。

设计推管推出注意的事项：

推管内径与型芯配合，外径与模板配合，H8/f8（H8/f7），推管壁厚一般不小于 1.5mm，见图 4-54。

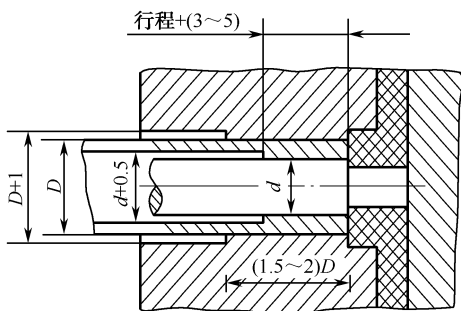


图 4-54 推管的配合技巧

5. 常见推管推出机构的结构形式 (见图 4-55)

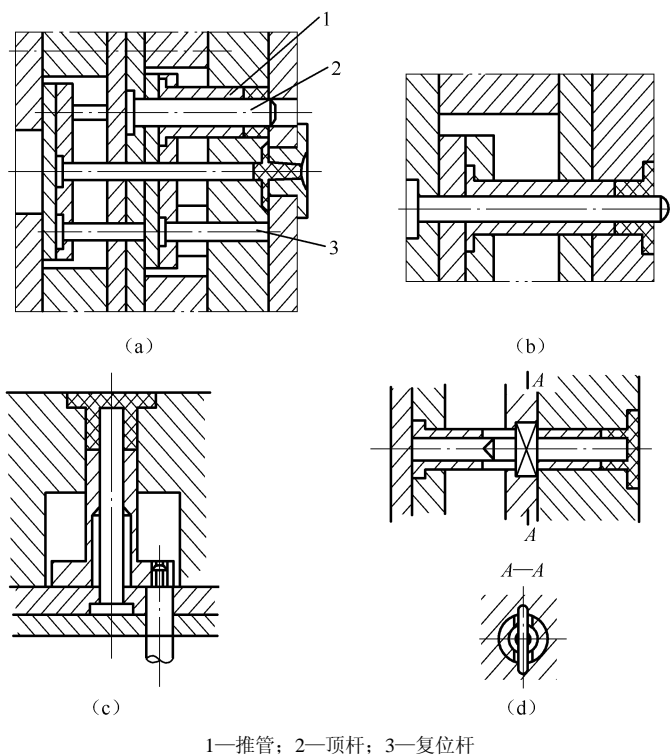


图 4-55 推管推出机构的结构形式

4.5.2 推件板推出机构的设计

推件板推出机构如图 4-56 所示, 适用于深腔薄壁的容器、壳体件及不允许有痕迹件。机构特点: 推件板与制品的接触面积大, 因而推出的力大而均匀, 制品可平衡推出; 但非圆形件推件板与型芯配合部分的加工较麻烦 (线切割)。推件板推出机构无须专设复位杆, 它依靠分型面闭合便可使推出机构复位。

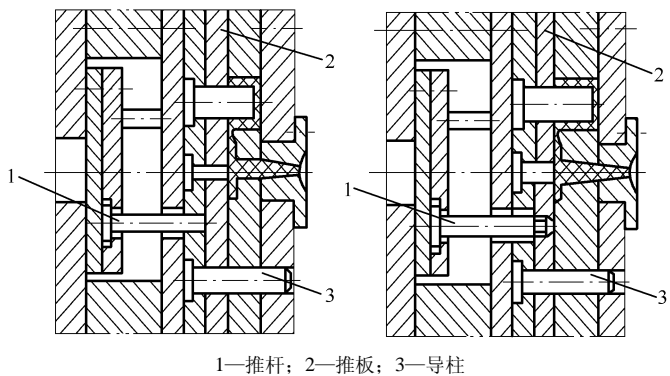


图 4-56 推件板推出机构

1. 推件板推出机构的设计技巧

为减少运动过程的摩擦, 推件板与型芯间留有间隙, 且配合面带锥度, 见图 4-57。

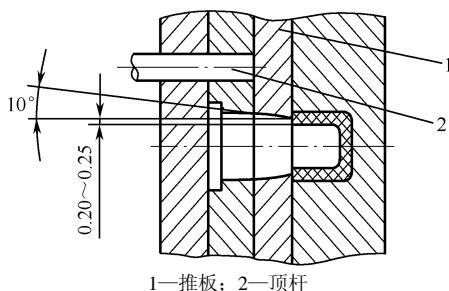


图 4-57 推件板与型芯的配合形式

推件板与塑件接触部位要有一定的硬度与表面粗糙度，对于大批量的高精度塑件成型，常将推件板设计成局部镶嵌的组合结构，见图 4-58。

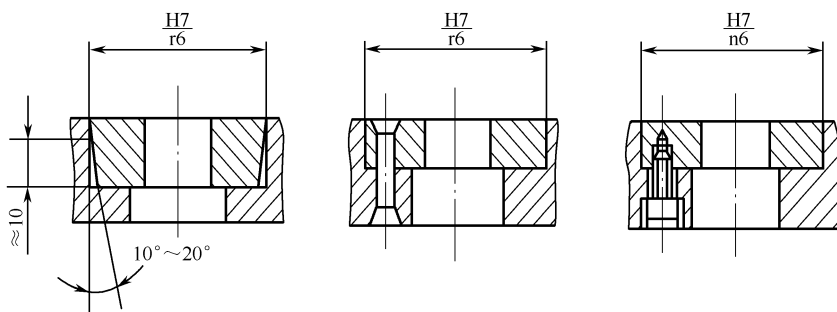


图 4-58 推件板镶嵌形式

2. 常见推板推出机构的结构形式（见图 4-59）

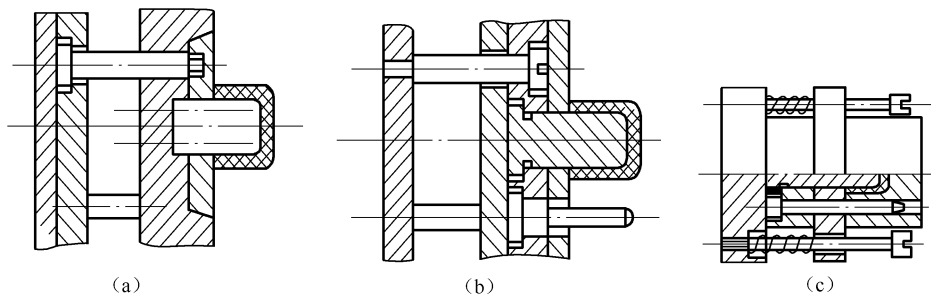


图 4-59 常见推板推出机构的结构形式

对大型深腔容器，尤其是软质塑件，用推件板推出时，应当设置进气装置，见图 4-60。

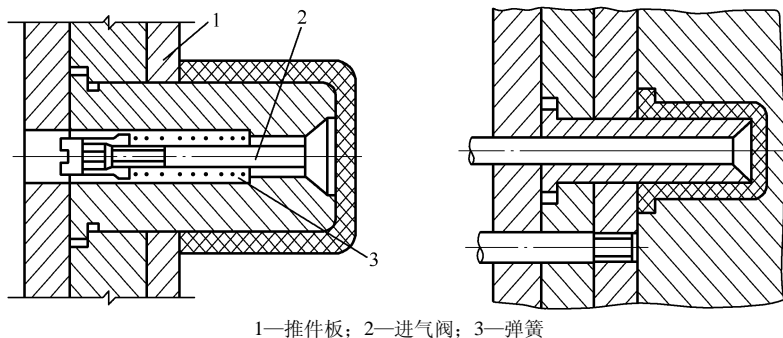


图 4-60 进气装置

为提高导向件的耐磨性,可采用推件板带衬套的结构,见图 4-61。

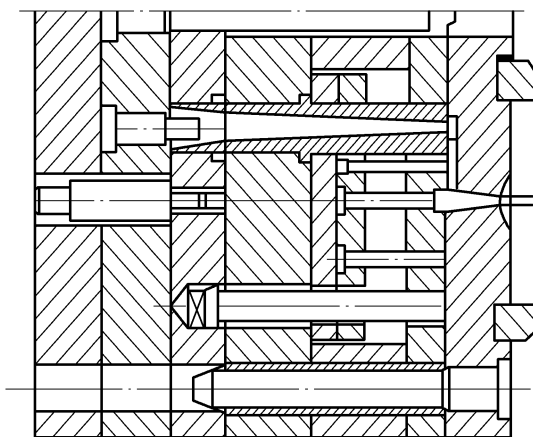


图 4-61 推件板带衬套的结构

4.5.3 推块推出机构

推件板推出产生黏附时,则可采用推块推出;平板状凸缘的塑件,如用推板推出黏附模具时,则用推块推出(有时也采用推杆,但塑件易变形,且其表面有推出痕迹)。推块推出优点是平稳且无痕迹。推块是型腔的组成部分,因此有较高硬度和较低粗糙度,推块与型腔及型芯应有良好的间隙配合,既要求滑块灵活,又不允许溢料。推块所使用的推杆与模板不必配合精度很高,推块的复位由推杆来完成。

常见推块推出机构的结构形式:有些塑件由于结构形状和所用塑料的关系不宜采用上述推出元件时,可采用活动镶块(见图 4-62)或凹模推出机构(见图 4-63)。

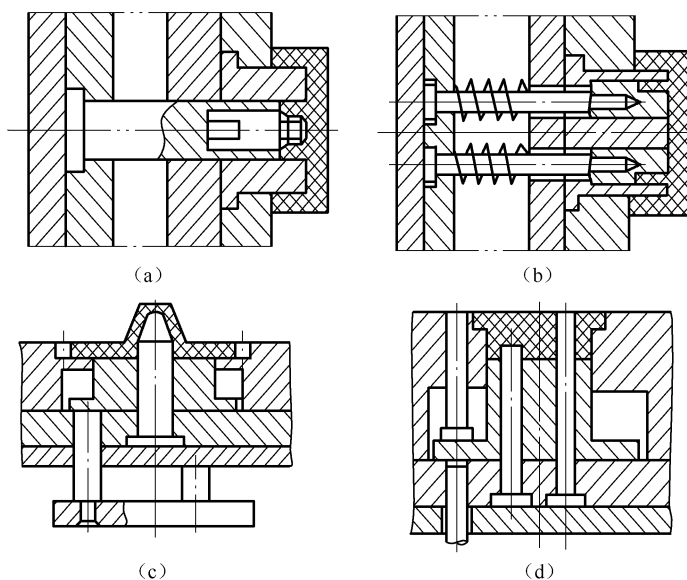


图 4-62 活动镶块的推出机构

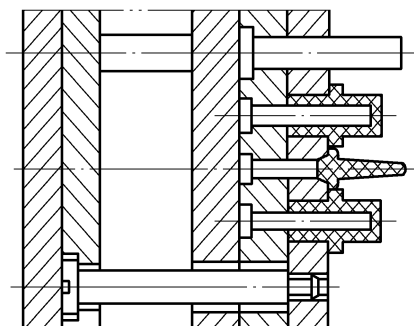


图 4-63 凹模推出机构

4.5.4 联合推出机构

多元件联合推出是指采用两种或两种以上的推出方法，适用于深腔壳体、薄壁、有局部管形、凸筋、金属嵌件等复杂塑件。

4.5.5 二级推出机构

经过两次顶出动作才能使制品可靠脱模的机构称为二次顶出脱模机构。采用这种机构主要是为了适应自动化生产（要求制品自行坠落）或某些经过一次顶出动作后仍难脱出模具的制品。二次顶出脱模机构种类很多，它们的运动形式有时也很巧妙，但大多数都有一个共同点可以遵循，即这类机构必须有两个或两组顶出行程具有一定差值的顶出零件，如果它们同时动作，则需要行程较小的顶出零件提前停止运动；如果它们不同时动作，则要求行程较大的顶出零件滞后运动。因此，这类机构必须设有控制顶出行程的装置。下面举例说明二次顶出脱模机构的工作过程。

1. 气动和液动二次顶出脱模机构

图 4-64 (a) 所示是气动二次顶出脱模机构示例，该机构利用推杆（图中未画出）带动动模侧的型腔板进行一次顶出，将制品从型芯上刮下，然后利用压缩空气再将制品吹出型腔板实现二次顶出脱模。图 4-64 (b) 所示是一个可使用液动二次顶出脱模机构的动模模架的示例，其中一次顶出利用油缸带动推板实现，二次顶出依靠机械顶出装置完成。

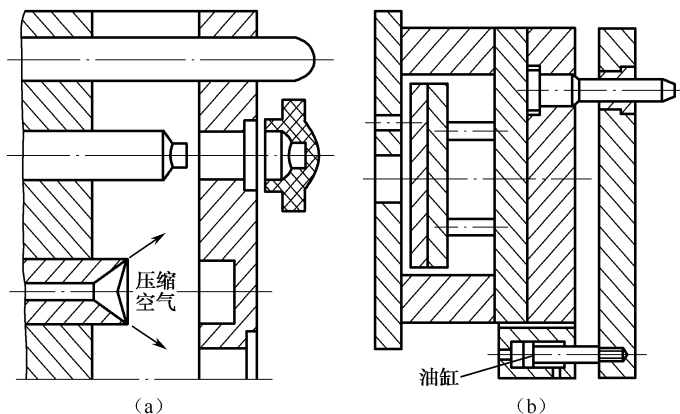


图 4-64 气动或液动二次顶出脱模机构

2. 单项出底板二次顶出脱模机构

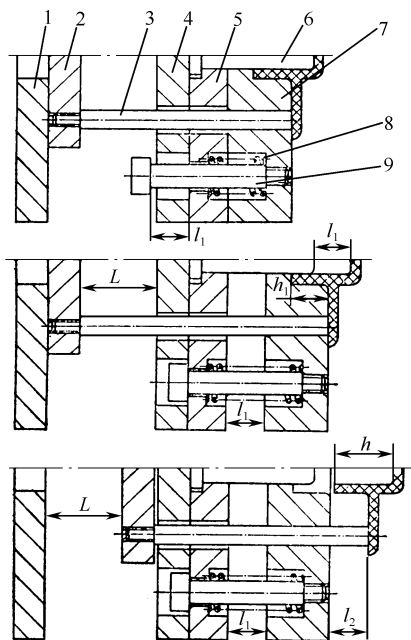
这类机构的特点是用一个与注射机推顶装置接触的顶出底板带动一个或一组顶出零件进行二次顶出，而一次顶出则依靠一些特殊的运动零部件实现。下面列举一些典型示例。

1) 弹簧式

图 4-65 所示是一个利用弹簧带动型腔板进行一次顶出，然后再由顶杆进行二次顶出的制品脱模机构示例。其工作原理为：开模一段距离后，动模侧的凹模型板 7 首先在弹簧 8 的作用下移动 l_1 距离，把制品从型芯上刮下（一次顶出，图示机构未使制品与型芯完全分离，但设计一次顶出行程时，已注意使 l_1 能够保证二者之间完全松动），然后通过注射机推顶装置（图中未画出）带动顶杆机构，把制品从型腔板中脱出。该图示下方已示出顶出行程与制品深度的关系，可供设计时参考。设计该图示机构时，还应注意设置复位杆及定距分型机构。在该图示中设置这种机构主要是为了保证弹簧 8 在开模初期不能马上发挥作用，以避免制品在一次顶出作用下滞留到定模一侧。弹簧式二次顶出脱模机构的特点是结构比较简单紧凑，但弹簧容易失效，需定期更换，否则顶出动作将不可靠。

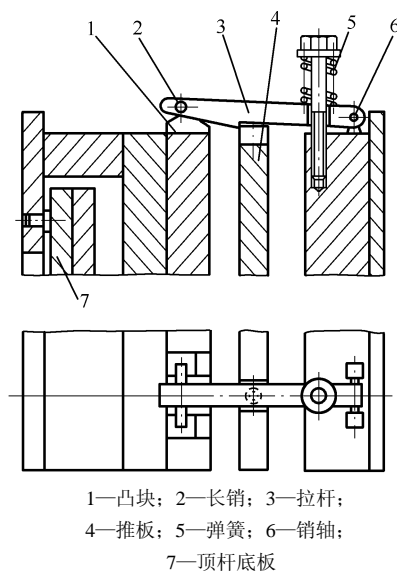
2) 凸块拉杆式

图 4-66 所示是一个带有凸块拉杆结构，并可实现二次顶出脱模动作的注射模架，其内部可根据制品具体情况设置有关顶出零件。该模架的工作原理为：开模分型一段距离后，固定在定模上的拉杆 3 拉住动模上的推板 4 开始一次顶出，动模继续运动时，其上的凸块 1 与拉杆上的长销 2 接触，使拉杆绕定模上的销轴 6 向外转动而脱离推板，与此同时，一次顶出动作结束，动模再继续运动，注射机的推顶装置将会驱动顶杆底板 7 运动，从而可以实现二次顶出动作，该图示中的弹簧 5 主要负责合模后拉杆能够复位。凸块拉杆式机构的特点是顶出动作可靠，不需要其他附属装置，但由于定模上安装了拉杆，模具尺寸比较大。



1—动模座；2—顶出固定板（兼顶出底板）；3—顶杆；4—支承板；
5—凸模固定板；6—凸模；7—凹模型板；8—弹簧；9—限位螺栓
 $l_2 \geq h_1$ ； $L = l_1 + l_2 \geq h$

图 4-65 弹簧式二次顶出脱模机构示例



1—凸块；2—长销；3—拉杆；
4—推板；5—弹簧；6—销轴；
7—顶杆底板

图 4-66 凸块拉杆式二次顶出脱模机构

3) 斜导柱滑块式

图 4-67 所示是斜导柱滑块式二次顶出脱模机构示例, 其工作原理为: 开模时, 当注射机的推顶装置与模内螺栓推杆 4 的底板 (也可视为顶杆 6 的顶出底板) 接触后, 螺栓推杆带动凹模型板 5 移动 l_1 距离, 使制品与凸模 7 之间完全松动, 即实现一次顶出动作。在进行一次顶出动作时应注意, 由于斜导柱 2 对滑块 1 的驱动作用, 滑块斜面也将推动顶杆 6 移动 l_2 距离, 但因为设计时经常设定 $l_2 \leq l_1$, 所以顶杆 6 在一次顶出过程中不会超前凹模型板运动。当一次顶出动作完成后, 注射机推顶装置还将继续驱动螺栓推杆, 于是凹模型板 5 将继续移动 l_1 距离, 以使制品和凸模之间进一步脱离, 而与此同时, 顶杆 6 除了必须与凹模型板 5 同步运动外, 且在斜导柱的驱动下还承受着滑块斜面作用, 所以它的运动速度超前凹模型板, 故在随凹模型板的运动过程中, 能够将制品从凹模型板中顶出, 从而实现二次顶出动作。在该图示中, 顶杆 6 需要利用压簧 3 复位, 顶出行程与制品尺寸之间的关系如下。

$$l_1 \geq h_1, \quad \frac{l_3 \tan \alpha}{\tan \beta} \geq h_2, \quad l_1 - l_2 - l_3 = \frac{l_3 \tan \alpha}{\tan \beta},$$

$$L = l_1 + l_3 \geq h_1 + h_2 \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}, \quad \beta > 45^\circ$$

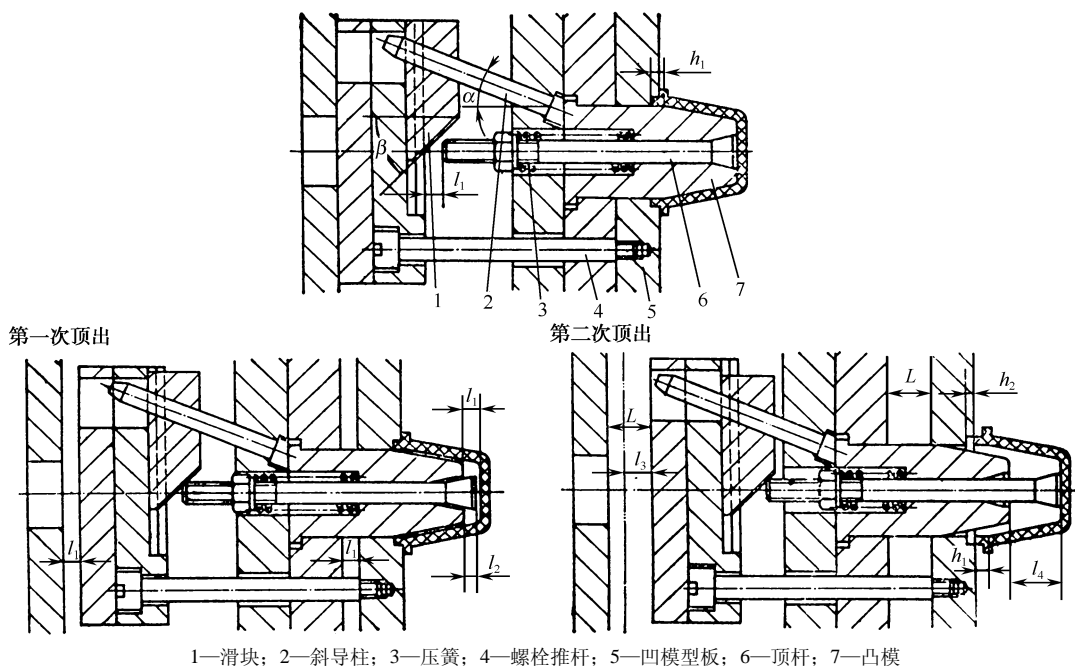


图 4-67 斜导柱滑块式二次顶出脱模机构示例

4) 斜楔滑块式

图 4-68 所示是斜楔滑块式二次顶出脱模机构示例, 其中的推杆 2 与滑块 4 只是接触连接。该图示机构的工作原理为: 开模一定距离后, 注射机的推顶装置将通过顶杆底板 (或称滑块支承板) 12 同时驱动顶杆 9 和凹模型板 7 移动, 使制品与凸模 8 脱离接触, 实现一次顶出动作。在一次顶出过程中, 斜楔 6 同时在推动滑块 4 向模具中心移动, 但由于此时滑块 4 与推杆 2 只是平面接触, 所以推杆 2 只对凹模型板传递注射机的推顶力, 以保持凹模型板与顶杆

同步运动。一旦一次顶出动作结束，推杆 2 将会坠落在滑块 4 的圆孔中，于是凹模型板便会停止移动，而顶杆 9 还将在注射机的推顶装置作用下继续运动，直到把制品从凹模型板中脱出，以最终实现二次顶出动作。在该图示脱模机构中，滑块 4 依靠压簧 3 复位，顶出行程与制品高度的关系列在图示的下方。

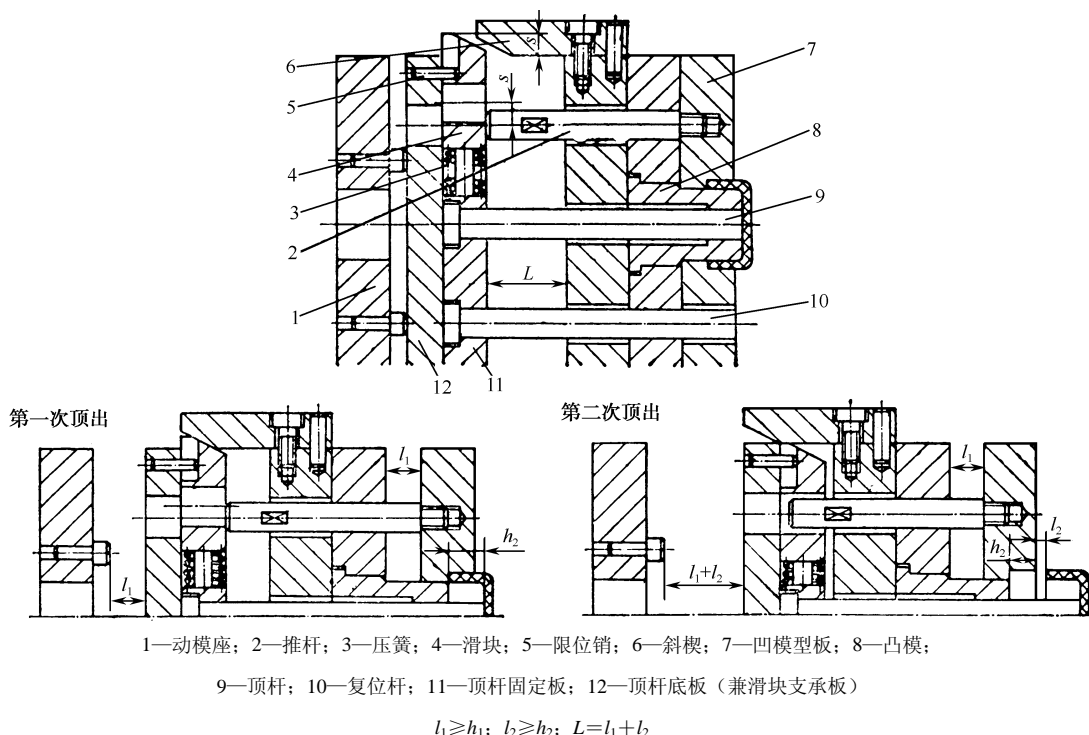


图 4-68 斜楔滑块式二次顶出脱模机构示例

5) U 形限制架式

图 4-69 所示是一个带有 U 形限制架和两个对称摆杆结构的二次顶出脱模机构，其特点和工作原理为：两个对称摆杆 5 和 14 用转动销轴 1 固定在顶杆底板 3 上，并受固定在动模座 16 上的 U 形架 15 限制。开模后，两个摆杆通过固定在凹模型板 9 上的柱销 12，推动该凹模型板移动 l_1 距离，使制品与凸模 10 脱开，实现一次顶出动作（在一次顶出过程中，顶杆 11 与摆杆同步运动，也发挥顶出作用）。当一次顶出动作结束后，拉板 8 将会通过限位螺钉 7 阻止凹模型板继续运动，与此同时，两个摆杆也将脱出 U 形架限制，在柱销 12 作用下朝两边张开，于是顶杆 11 继续发挥顶出作用，在凹模型板停止运动的状态下，将制品从型腔中脱出，从而实现二次顶出动作。该图示的两个对称摆杆在合模过程中，依靠拉簧 13 复位，顶出行程与制品高度的关系如下。

$$l_1 \geq h_1, l_1 \geq l, L - l_1 \geq h_2$$

6) 摆杆拉钩式

图 4-70 所示是一个带有摆杆和拉钩结构的二次顶出脱模机构，这是一个两组顶出零件分时运动的示例。其工作原理为：开模一定距离后，固定在定模上的拉钩 10 首先带动摆杆 7 向内转动，驱使动模型板 13 移动 l_1 距离，使制品与型芯 6 脱开，实现一次顶出动作；继续开模，拉钩 10 不再驱动摆杆，在限位螺钉 2 带动下，动模型板 13 跟随动模整体一起运动，并失去

对制品的顶出作用,当顶杆底板3与注射机推顶装置接触后,顶杆12开始将制品从型腔中顶出,完成二次顶出动作。该图示中的弹簧8是为了拉住摆杆7,使其在顶杆进行二次顶出的过程中,能始终顶住型板,以避免摆杆向外转动而妨碍合模时拉钩复位。顶出行程与制品高度的关系列在图示下方。

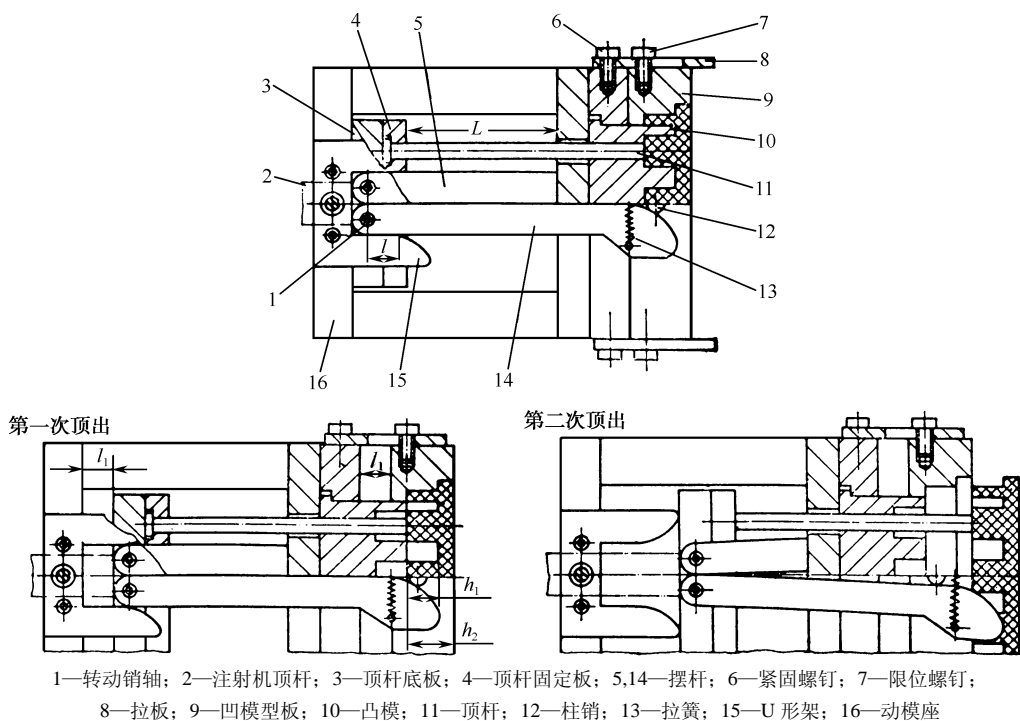


图 4-69 带有 U 形限制架和两个对称摆杆结构的二次顶出脱模机构

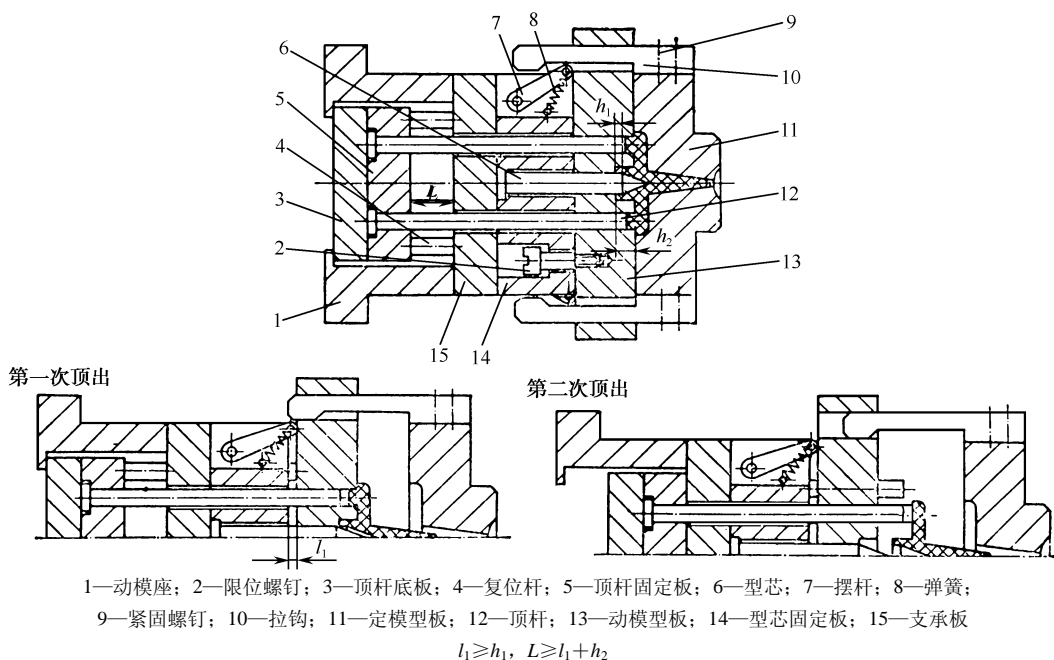


图 4-70 带有摆杆和拉钩结构的二次顶出脱模机构

3. 双顶出底板二次顶出脱模机构

这类机构的特点是用一次顶出底板带动一个或一组顶出零件进行一次顶出，将制品与型芯脱开，用二次顶出底板带动另外一个或一组顶出零件进行二次顶出，把制品从型腔中顶出。其中，两块顶出底板往往同时开始运动；但完成一次顶出动作后，一次顶出底板将会在机构控制下停止运动，或滞后于二次顶出底板运动，从而保证二次顶出动作能够实现。下面列举一些典型示例。

1) 八字摆杆式

图 4-71 所示是一个带有两个对称摆杆，且在二次顶出动作完成时，两个摆杆呈八字形状的八字摆杆式二次顶出脱模机构。该机构的特点和工作原理为：负责把制品从凸模 6 上脱出的凹模型板 7，通过推杆 9 与一次顶出底板 10 相连，负责把制品从凹模型板中脱出的顶杆 5 与二次顶出底板 2 相连，两块顶出底板之间还设有一个定距块 1，使顶杆能够与凹模型板同步运动。开模一定距离后，在注射机推顶装置作用下，一次顶出底板通过推杆 9 带动型板移动 s_1 距离，使制品与凸模脱开，实现一次顶出动作。在一次顶出过程中，由于定距块的传力作用，二次顶出底板和顶杆均与一次顶出底板和凹模型板同步运动，顶杆负责把制品从凸模内的凹槽中顶出。一次顶出动作完成后，摆杆 11 在一次顶出底板作用下，经过一定角度转动，已经开始和二次顶出底板接触，继续开模时，一次顶出底板将通过摆杆使二次顶出底板和顶杆发生超前于它自身和凹模型板的顶出运动，于是制品将在顶板作用下从型板中脱出，从而实现二次顶出动作。该图示机构中的顶出行程、制品高度和其他有关几何要素之间的关系如下。

摆杆转角 α 一般可取 45° 。

$$s_1 + s_2 \geq h_1, \quad s_1 + s_2 = s_3 = l_1 \sin \alpha + s_0, \quad \text{超前量 } s_4 \geq h_2$$

$$s_4 = l_2 \sin \alpha - s_0, \quad s_0 = l_2 \sin \beta, \quad l_2 = \frac{s_0 + s_4}{\sin \alpha}$$

2) 卡爪式

图 4-72 所示是一个带有卡爪结构的二次顶出脱模机构，其特点和工作原理为：卡爪 5 通过转销 6 与一次顶出底板 4 相连，合模状态下和二次顶出动作开始之前，卡爪受其压紧装置 8 作用，将一次顶出底板与顶杆固定板 3 以及二次顶出底板 2 嵌压在一起；开模后，在注射机顶杆 1 驱动二次顶出底板和顶杆 14 进行初期运动时，由于卡爪的嵌压作用，推杆 12 以及凹模型板 10 也将与它们同步运动，于是，制品在顶杆和凹模型板的共同作用下与型芯脱开，实现一次顶出动作；继续开模，支承板 15 侧边的斜面将压迫卡爪转动，使得一次顶出底板与顶杆固定板及二次顶出底板之间脱开，并因此而导致凹模型板停止运动，故在注射机顶杆和二次顶出底板的继续作用下，顶杆将单独运动，以便把制品从型板中脱出，以此完成二次顶出动作。在该图示机构中，顶出行程与制品高度的关系如下。

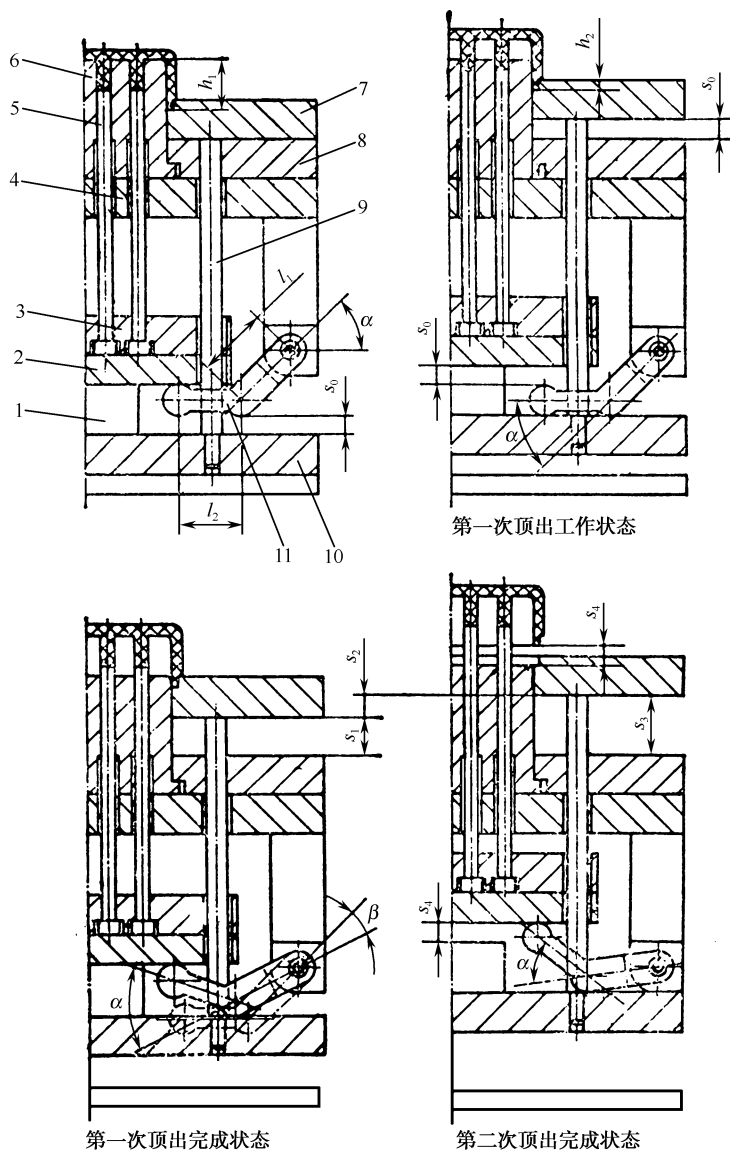
$$l_1 \geq h_1, \quad l_2 \geq h_2, \quad L = l_1 + l_2$$

3) 斜楔拉钩式

图 4-73 所示是一个带有斜楔拉钩结构的二次顶出脱模机构，其特点和工作原理为：安装在二次顶出底板 2 上的拉钩 6 在合模状态下和二次顶出动作开始之前，通过柱销 7 将二次顶出底板和一次顶出底板 3 拉合在一起；开模后，在注射机顶杆 4 驱动二次顶出底板和顶杆 15 进行初期运动时，一次顶出底板通过推杆 10 驱使凹模型板 11 与顶杆同步运动，于是制品在凹模型板与顶杆的共同作用下与型芯 13 脱开，实现一次顶出动作；继续开模，安装在型芯固

定板 14 的斜楔 12 将压迫两个拉钩张开，以迫使一次和二次两块顶出底板脱开连接；继续开模，一次顶出底板以及推杆和型板均停止运动，注射机顶杆单独驱动二次顶出底板和顶杆运动，将制品从型板中脱出，从而完成二次顶出动作。在该图示机构中，顶出行程与制品高度的关系如下。

$$l_1 \geq h_1, l_2 \geq h_2, L = l_1 + l_2$$



1—定距块；2—二次顶出底板；3—顶杆固定板；4—支承板；5—顶杆；6—凸模；
7—凹模型板（动模侧）；8—凸模固定板；9—推杆；10—一次顶出底板；11—摆杆

图 4-71 八字摆杆式二次顶出脱模机构

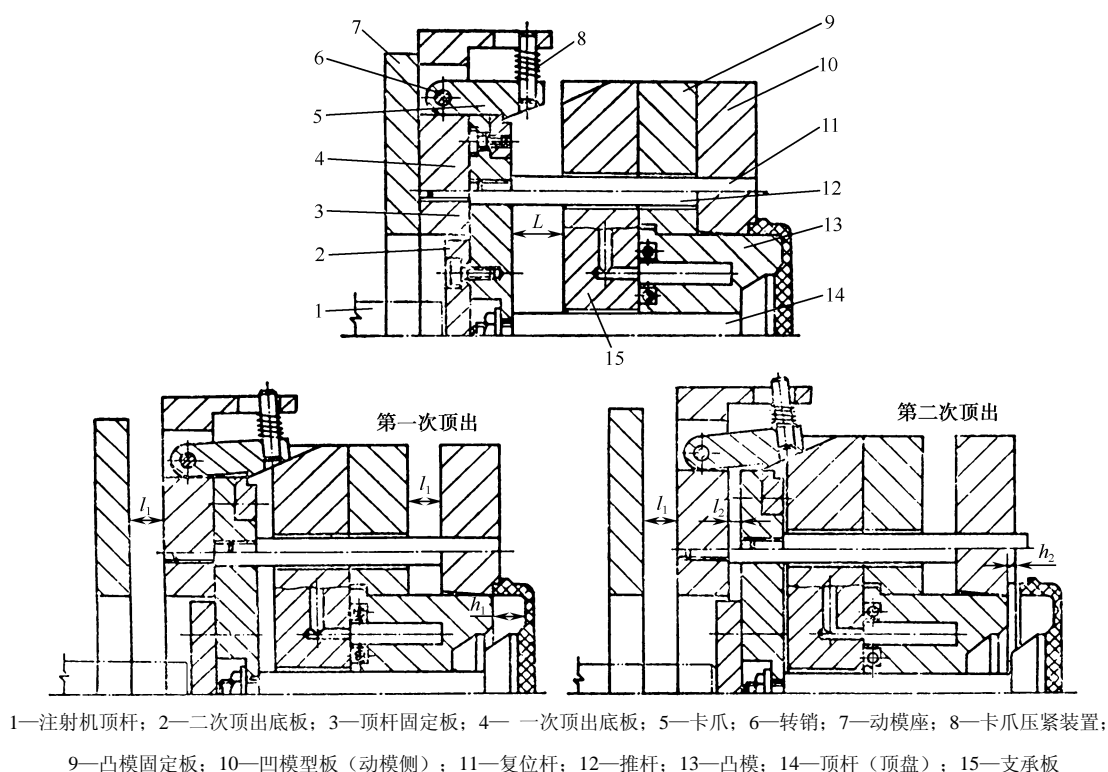


图 4-72 带有卡爪结构的二次顶出脱模机构

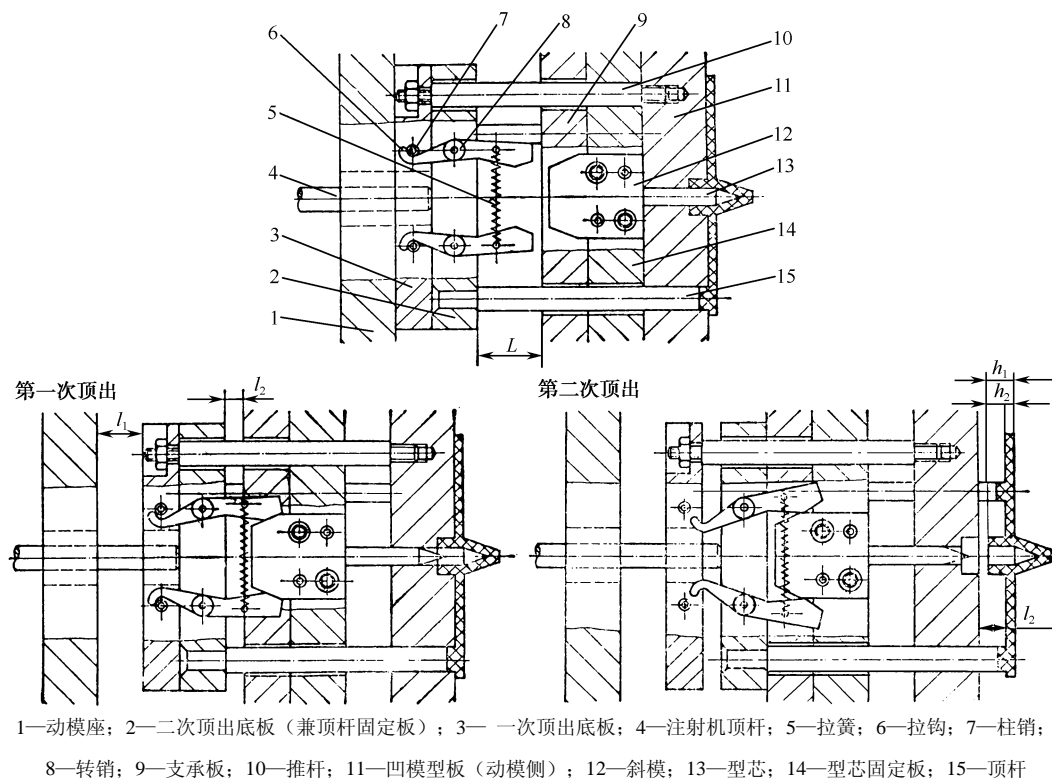


图 4-73 带有斜楔拉钩结构的二次顶出脱模机构

4.5.6 双脱模机构和顺序脱模机构

注射成型生产中经常会遇到一些形状比较特殊的制品，开模时它们既可能附着在动模一侧，也可能附着在定模一侧，为此需要动、定模两侧都设有顶出脱模机构，这类机构统称为双脱模机构。另外还需注意，当制品很有可能附着在定模一侧而不方便脱取时，也可利用双脱模机构迫使制品改变附着方位，以促使它们滞留在动模一侧，如图4-74所示弹簧式双脱模（顺序脱模）机构便是一例。

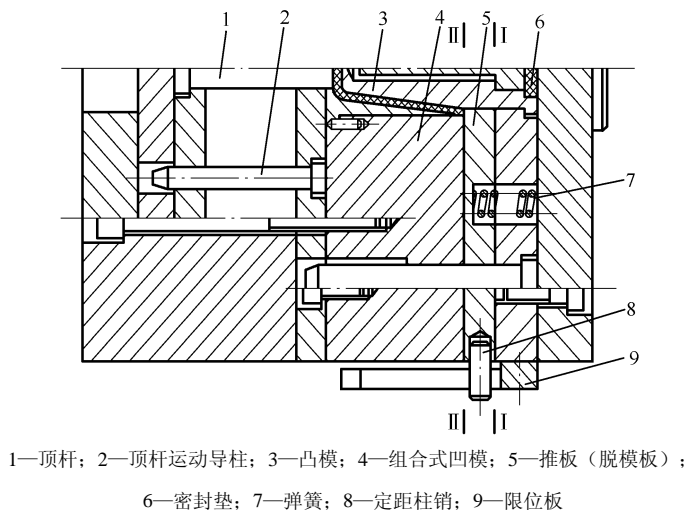


图 4-74 弹簧式双脱模（顺序脱模）机构

使用双分型面或多分型面注射模时，根据制品的某些要求（例如，为了脱出浇注系统凝料），常常需要设计一些首先能使定模分型，然后再使动、定模分型，最后才能利用顶出零件脱取制品的脱模机构，这样一类机构统称为顺序脱模机构。在许多情况下，双分型面或多分型面注射模中的双脱模机构本身常常也是顺序脱模机构，但顺序脱模机构却不一定是双脱模机构。

下面是几个双脱模和顺序脱模机构示例。

1. 弹簧式双脱模（顺序脱模）机构

图4-74所示是这类机构的一个典型示例，其工作原理为：开模动作一旦开始，弹簧7将迫使安装在定模一侧的推板5紧紧贴靠着动模运动，即定模首先在I—I处分型，这样做是为了利用推板作用将制品从定模中的凸模3上脱取下来，使其能够滞留在动模一侧；开模一定距离后，限位板9将拉住推板上的定距柱销8，于是定模停止分型；继续开模时，动、定模将在II-II处分型，分型之后，动模侧的顶杆1便可在注射机推顶装置作用下，把制品从动模上顶出。弹簧式双脱模（顺序脱模）机构的特点是结构比较简单紧凑，适用于制品对定模附着力不太大，且定模侧顶出行程也不太长的场合，但弹簧容易失效，需要定期更换。

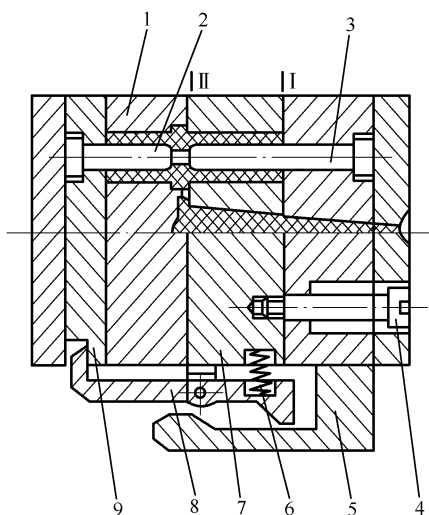
2. 拉钩压板式双脱模（顺序脱模）机构

图4-75所示是这类机构的一个典型示例，其工作原理为：合模状态下，利用弹簧6使安装在定模中间板7上的拉钩8（兼有杠杆放大作用）钩紧动模型芯固定板9，保证分型面II不能在开模时首先分开；开模时，由于拉钩的上述作用，分型面I将首先开启（定模分型），定

模中间板起推板作用，将制品从定模侧的型芯 3 上脱下，使制品能够滞留在动模一侧；开模一定距离后，固定在定模上的压板 5 将会用其凸台斜面压迫拉钩转动，使拉钩与动模型芯固定板脱离接触，于是动、定模开始从 II 处分型；继续开模，动模内部安装的顶出脱模机构（图中未画出）将会在注射机推顶装置作用下，把制品从动模侧的型芯 2 和凹模型板 1 中脱出。

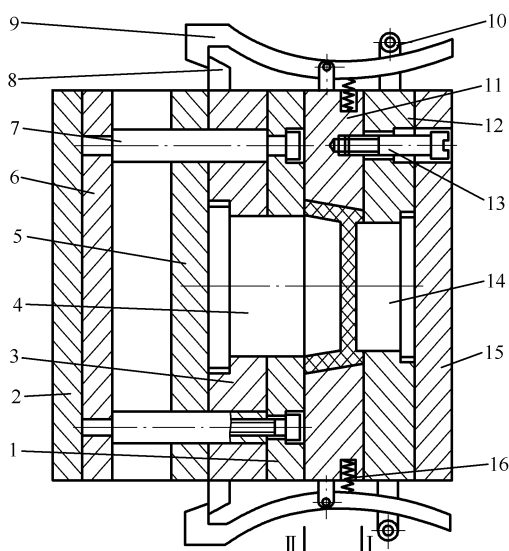
3. 拉钩滚轮式双脱模（顺序脱模）机构

图 4-76 所示是这类机构的一个典型示例，其工作原理为：凹模型板 11 通过定距螺钉 13 安装在定模一侧，其上带有一个拉钩 9，合模状态下拉钩紧钩在动模部分的挡块 8 上，以保证开模初期型板可随动模运动，避免动、定模两部分首先在 II 处分型；在这种情况下开模时，模具将首先在定模中的 I 处分型，在定模分型过程中，由于型板内型腔锥面侧壁作用，型板兼起定模侧的推板作用，故制品将会被型板从定模型芯 14 上脱下，以保证制品能够滞留在动模一侧；当定模分型达到一定距离后，定距螺钉 13 发挥作用，型板停止运动，与此同时，固定在定模上的滚轮 10 压迫拉钩使其转动并脱离挡块，于是模具开始在 II 处进行动、定模分型；继续开模，注射机推顶装置将通过动模内的顶出机构（零件 7，6，1）将制品从动模型芯 4 上脱下。



1—凹模型板（动模侧）；2—动模型芯；
3—定模型芯；4—定距螺钉；5—压板；
6—弹簧；7—定模中间板（定模侧凹模型板）；
8—拉钩；9—动模型芯固定板

图 4-75 拉钩压板式双脱模（顺序脱模）机构

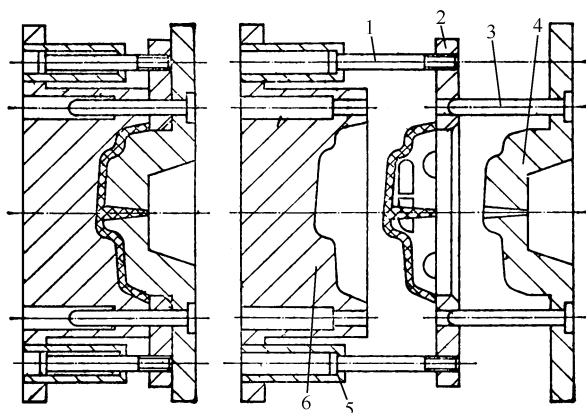


1—推板；2—动模座；3—动模型芯固定板；4—动模型芯；
5—支板；6—推杆底板；7—推杆；8—挡块；9—拉钩；
10—滚轮；11—凹模型板；12—定模型芯固定板；
13—定距螺钉；14—定模型芯；15—定模座；16—压簧

图 4-76 拉钩滚轮式双脱模（顺序脱模）机构

4.5.7 从定模侧顶出制品的脱模机构

如果因为制品具有某些特殊要求或由于形状限制，开模后需要它们滞留在定模一侧，那么制品的顶出装置就必须设置在定模中，模具结构将会因此变得复杂，即使对于单腔模，也往往需要具有两个分型面。设计这类顶出脱模机构的关键在于：如何将开模运动传递给定模中的顶出零件，以便使这些零件沿着开模方向产生运动，最终使制品脱出定模。如图 4-77 所示，通过安装在动模上的拉杆 1，将开模动作传给可在定模导柱 3 上滑动的推板 2，从而实现从定模侧顶出制品的脱模动作。



1—拉杆；2—推板（脱模板）；3—定模导柱；4—凸模；5—拉杆套；6—凹模

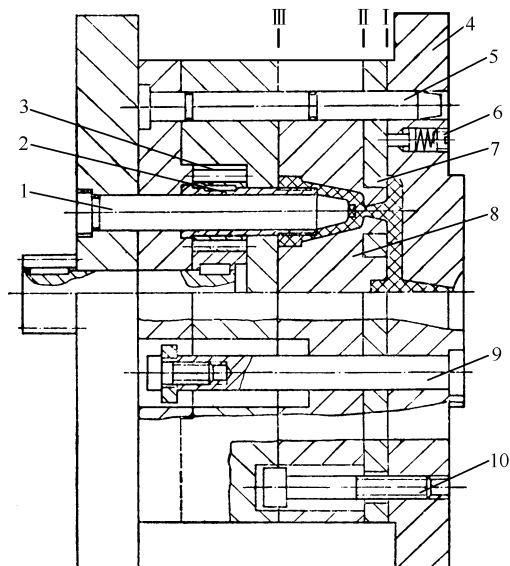
图 4-77 从定模侧顶出制品的脱模机构

4.5.8 浇注系统凝料的脱模机构

使用直接浇口或截面积较大的侧浇口时，浇口与制品的连接面积大，不容易利用开模动作自动切断制品和浇注系统凝料之间的连接，因此常常使两者连在一起脱模，然后再通过后加工把它们分离，所以不利于自动化成型生产。为了解决此问题，只要工艺方面允许，应尽量采用点浇口或潜伏式浇口，这样就可以把制品和浇注系统凝料在模内自动切断，然后利用顶出零件使它们分别脱模，从而实现自动化成型生产。下面列举几个脱卸点浇口和潜伏式浇口浇注系统凝料的机构示例。

1. 利用定模拉板脱卸点浇口浇注系统凝料

为了在开模过程中自动拉断点浇口，通常可在定模中加设一个拉板，图 4-78 和图 4-79 所示都是利用定模拉板脱卸点浇口浇注系统凝料的示例，前者用于多腔模，后者用于单腔模。



1—凸模；2—螺纹型芯；3—齿轮；4—定模底板；5—导柱；6—弹簧顶销；
7—定模拉板；8—凹模型板；9—限位拉杆；10—限位螺钉

图 4-78 利用定模拉板脱卸点浇口浇注系统凝料（多腔模）

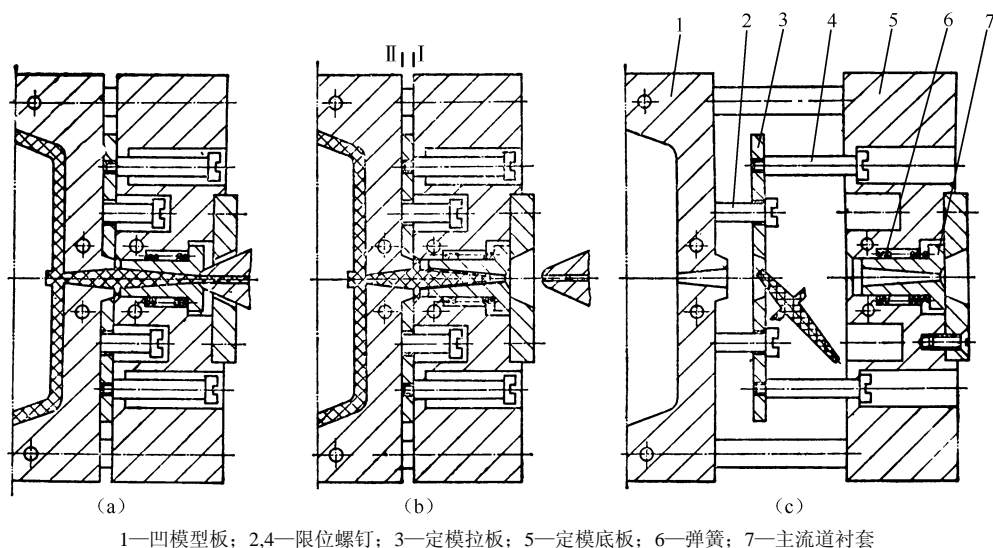


图 4-79 利用定模拉板脱卸点浇口浇注系统凝料（单腔模）

图 4-78 所示机构的工作原理为：分流道开设在定模底板上，开模后在弹簧顶销 6 作用下，首先从 I 处分型，然后通过点浇口把整个浇注系统从定模底板 4 中拉出，使它们附着在定模拉板 7 上；当主流道凝料完全脱出定模底板后，限位螺钉 10 阻止定模拉板继续运动，模具从 II 处分型，点浇口被定模拉板和动模拉断，浇注系统凝料依靠自重可从定模底板和定模拉板之间坠落；在这个图示中，制品口部带有内螺纹，继续开模时，凹模型板 8 将会在限位拉杆 9 作用下停止运动，模具从 III 处分型，给制品脱模让出空间，当齿轮 3 带动螺纹型芯 2 转动时，由于凸模 1 不动，且制品顶部内侧设有止转沟槽，故制品可在开模过程中自动脱落。

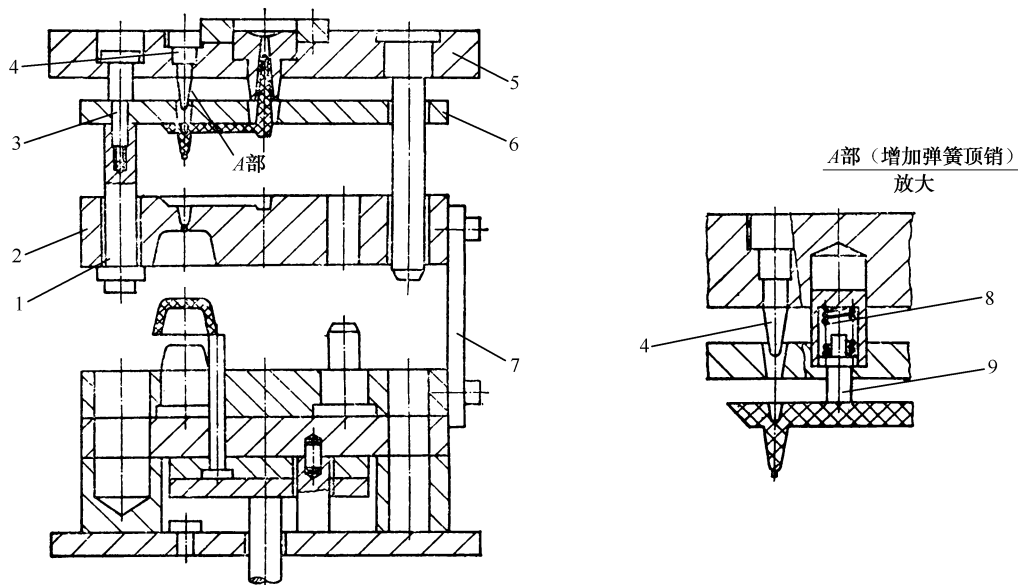
在图 4-79 中，图 4-79 (a) 所示是闭模注射时的情况；图 4-79 (b) 所示是注射完了的状态，经过一段保压后，注射机喷嘴已经退回，主流道衬套在弹簧 6 作用下后退并与主流道凝料脱开；图 4-79 (c) 所示是开模状态，开模时首先从 I 处分型，动模后退一段距离后，定模拉板 3 在限位螺钉 4 作用下停止运动，模具从 II 处分型，点浇口被定模拉板和凹模型板 1 拉断，主流道凝料靠自重坠落。应当注意，图 4-79 所示是一个单腔模，仅靠一个点浇口很难把主流道凝料从主流道中拉出，为此在主流道衬套处加设了一个弹簧 6，以克服主流道对凝料的初始摩擦力。在多点浇口模具中，如果顾虑点浇口强度不足以拉出整个浇注系统的凝料，也可以使用这种结构。

2. 利用分流道推板脱卸点浇口浇注系统凝料

图 4-80 所示是在定模中利用分流道推板脱卸点浇口浇注系统凝料的机构示例，其中分流道开设在定模型板上。工作原理为：动、定模先分型，点浇口在分型时被拉断，浇注系统凝料滞留在定模中；动模后退一定距离后，在拉板 7 作用下，分流道推板 6 与定模型板 2 分型，浇注系统凝料被分流道拉料杆 4 拉出分流道并黏附在分流道推板上，继续开模，定模型板与拉杆 1 接触，通过拉杆使定模底板 5 与分流道推板分型，在分型过程中，分流道推板分别把浇注系统凝料从分流道拉料杆上和主流道中脱出，然后让它们依靠自重坠落。这种工作原理最适于不容易和喷嘴粘连的塑料，如聚乙烯等，但对于聚苯乙烯等一些塑料，因为主流道与喷嘴脱开时经常出现拉丝现象，所以分流道推板把主流道凝料从主流道中脱出后，凝料还会

由于拉丝而与喷嘴粘连,妨碍整个浇注系统凝料依靠自重坠落。为了解决这一问题,可在图中A部增设弹簧顶销,以便把拉丝扯断。

图4-80所示的浇注系统凝料脱模原理,也可用于单腔模(一个点浇口),但必须另行设计工作机构,并且还要把浇注系统凝料设计成类似图4-79所示的形状。



1—拉杆；2—定模型板；3—限位螺钉；4—分流道拉料杆；5—定模底板；6—分流道推板；7—拉板；8—弹簧；9—顶销

图 4-80 利用分流道推板脱卸点浇口浇注系统凝料

3. 利用分流道上的斜孔脱卸点浇口浇注系统凝料

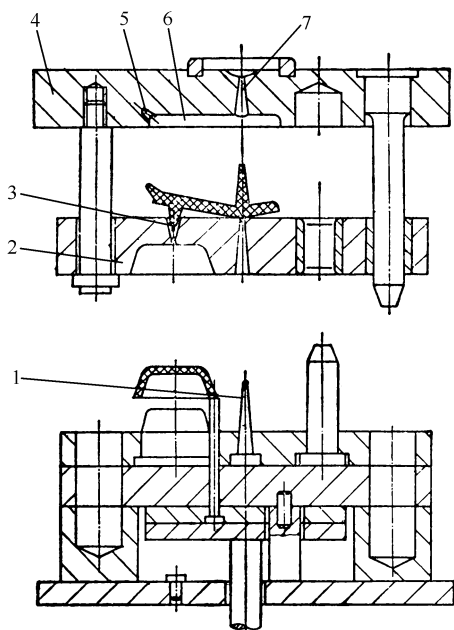
图4-81所示是利用分流道上的斜孔拉断点浇口以后,再脱卸浇注系统凝料的机构示例。工作原理:模具有两个分型面,定模先分型(图中未画控制分型顺序所用的零部件),在分型过程中主流道拉料杆1负责把浇注系统的凝料拉向定模型板2的一边,然后凝料依靠自重坠落,但关键在于定模刚刚开始分型时,由于分流道上的斜孔内存有凝料,使分流道凝料的运动受到约束,于是点浇口就会被拉断,其下方二次分流道中的凝料同时上翘脱出定模型板,从而为浇注系统凝料的坠落提供了可能性。

图4-81所示机构仅适用于二次分流道深度不大的场合,否则,其中的凝料不容易从定模型板中脱出,从而无法实现浇注系统凝料自动坠落。为了克服这一缺陷,可采用如图4-82所示的结构,即将主流道拉料杆换成主流道顶杆(冷料穴兼起拉料作用),其下部伸出动模底板,可与注射机的推顶装置接触,这样便可用主流道顶杆使浇注系统凝料可靠地脱出定模空间。但应注意,采用主流道顶杆时,要求注射机的动模固定板上应有中心顶杆孔,否则模具无法安装。分流道上的斜孔可参考图4-83设计。

4. 在凹模固定板内设置点浇口浇注系统凝料的顶出结构

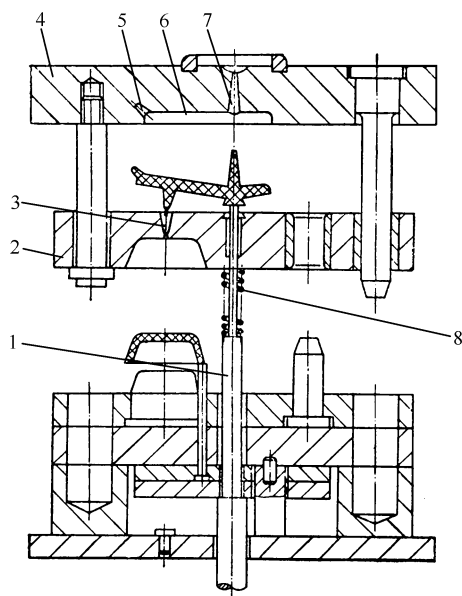
对于像钢笔杆一类的细长制品,因所需的塑模深度很大,所以可充分利用固定板内的空间来设置浇注系统凝料的顶出机构,这样可使模具结构比较紧凑。图4-84所示便是一个示例,工作原理:模具有两个分型面,动、定模先分型,分型时点浇口被拉断,继续开模时,定模中的凹模固定板5将随动模而运动(图中未画出向固定板传递动模运动的零部件),故浇注

系统凝料被冷料穴拉向固定板一侧，与此同时，固定板内的顶出零件因受拉杆 10 的约束而朝反向运动，于是浇注系统凝料会在顶杆 7 和主流道顶杆 9 的作用下脱出模具。需要注意，这种机构只适于细长制品，并与开模行程有关，通常只用于特殊场合。



1—主流道拉料杆；2—定模型板；3—二次分流道；
4—定模底板；5—分流道斜孔；6—分流道；7—主流道

图 4-81 利用分流道上的斜孔脱卸点浇口
浇注系统凝料



1—主流道顶杆；2—定模型板；3—二次分流道；4—定模底板；
5—分流道斜孔；6—分流道；7—主流道；8—弹簧

图 4-82 利用主流道顶杆使浇注系统凝料
可靠地脱出定模

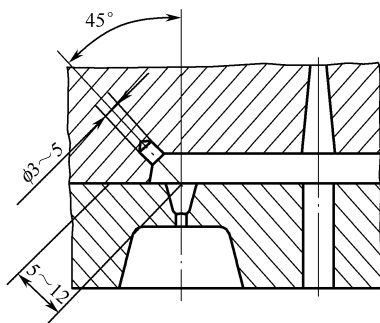
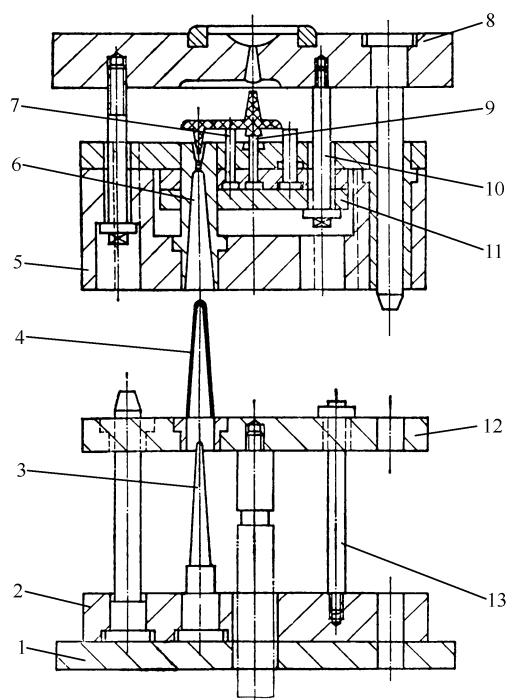


图 4-83 分流道上的斜孔

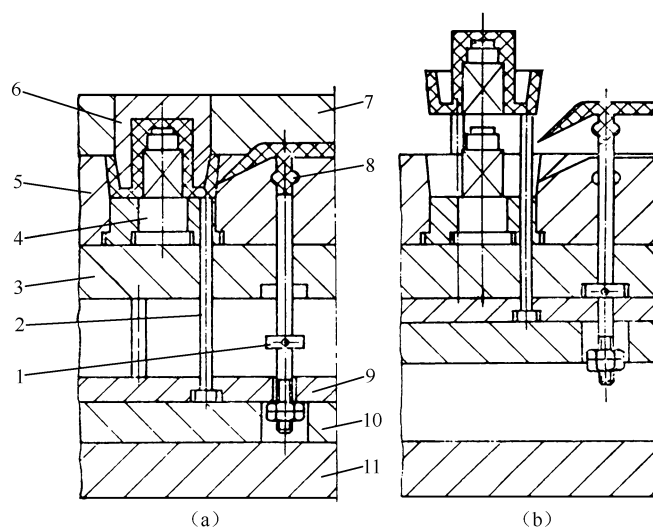
5. 利用二次脱模机构脱卸潜伏式浇口浇注系统凝料

图 4-85 所示是利用二次脱模机构脱卸潜伏式浇口浇注系统凝料的示例。工作原理为：顶杆底板 10 和注射机顶杆（图中未画）接触后，带动制品顶杆 2 向上顶出制品，潜伏式浇口被自动切断，然后顶杆固定板 9 与凝料顶杆 1 上的台肩接触，带动凝料顶杆顶出浇注系统凝料。



1—动模座；2—凸模固定板；3—凸模；4—制品；5—凹模固定板；6—凹模；7—顶杆；
8—定模座；9—主流道顶杆；10,13—拉杆；11—顶杆底板；12—推板

图 4-84 在凹模固定板内设置点浇口浇注系统凝料的顶出结构



1—凝料顶杆；2—制品顶杆；3—支承板；4—凸模；5—凹模型板；6—凸凹模；7—凸凹模固定板；
8—冷料穴；9—顶杆固定板；10—顶杆底板；11—动模座

图 4-85 利用二次脱模机构脱卸潜伏式浇口浇注系统凝料

4.5.9 带螺纹制品的脱模机构

通常,制品上的内螺纹依靠螺纹型芯成型,外螺纹依靠螺纹型环成型。由于螺纹具有侧向凸凹沟槽,所以带螺纹制品需要一些特殊的脱模机构。根据制品的精度要求和生产批量,对带螺纹制品可以采用强制、手动和机动三种脱模方法。其中,强制脱模多用于螺纹精度要求不高的场合,手动脱模可用于小批量生产,而机动脱模应用比较普遍。强制脱模和手动脱模机构简单,比较容易设计,而机动脱模结构一般都比较复杂,除了采用瓣合式镶拼结构之外,其他机动脱模机构几乎都需要利用齿条、齿轮和丝杠,把开模时动模的直线运动或电动机的转动等动力来源转变成螺纹型芯或型环的转动,以便它们与制品分离。下面将分别列举三种脱模方法中的一些示例,可供设计模具时参考。

设计带螺纹制品的脱模机构时,需要特别注意制品上必须带有止转结构。另外,还要根据具体情况在模具中设置必要的防转机构(特别是制品的型腔与螺纹型芯,或制品的型芯与螺纹型环分别设置在分型面两侧时,更应注意这个问题),否则,制品便会随着螺纹型芯或型环转动,导致制品无法脱模。在制品的外形或端面上设置止转结构的花纹或图案时,可参考图 4-86 进行。

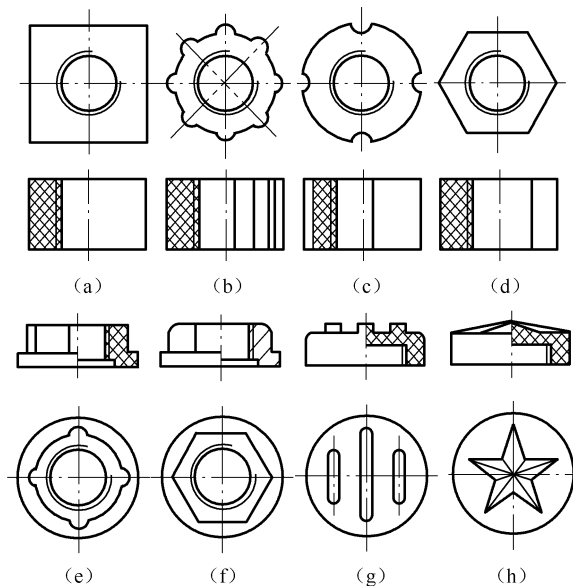


图 4-86 在制品的外形或端面上设置止转结构

1. 强制脱模方法

(1) 对于聚乙烯、聚丙烯等软性塑料制品上深度不大的半圆形粗牙内螺纹,可利用推板把制品强行从螺纹型芯上顶出(见图 4-87)。这种方法所需模具结构简单,多用于精度要求不高的制品。

(2) 利用弹性硅橡胶制作螺纹型芯,也可强行脱卸制品上的内螺纹,如图 4-88 所示。工作原理为:开模时在弹簧 2 作用下,硅橡胶螺纹型芯 4 中的心杆 1 相对制品发生后退,当螺纹型芯发生弹性收缩后用顶杆 3 把制品从螺纹型芯上脱下。这种方法的特点是模具结构简单,比前种方法的适用面广,但硅橡胶螺纹型芯使用寿命短,多用于小批量生产。

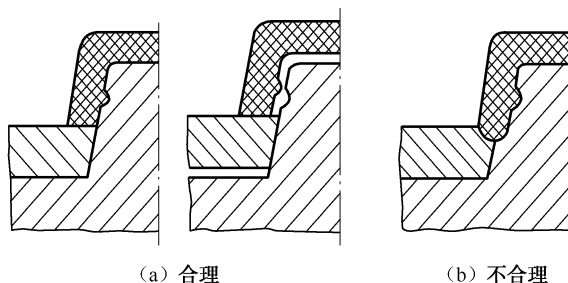


图 4-87 强行从螺纹型芯上顶出制品

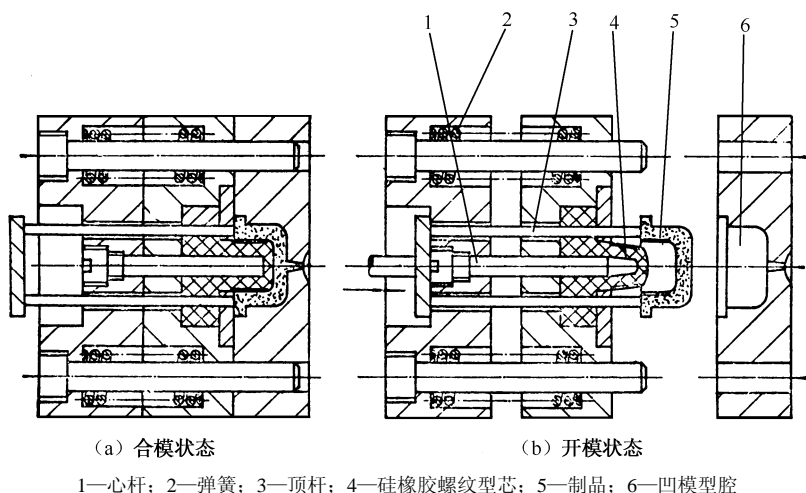


图 4-88 硅橡胶制作螺纹型芯

2. 手动脱模方法

图 4-89 所示是手动脱卸螺纹的三种常见形式。其中，图 4-89 (a) 所示是制品滞留在模内，需用扳手脱卸螺纹型芯的模具结构，设计时必须注意螺纹型芯的成型端和非成型端的螺距必须相等，否则会损坏制品；图 4-89 (b), (c) 所示分别是活动螺纹型芯和型环的示例，开模后型芯或型环随制品一起被顶出模具，然后在注射机外用专用工具手动脱卸螺纹。这类脱模方式所需模具结构简单，但操作麻烦，需备有多个螺纹型芯或型环交替使用。

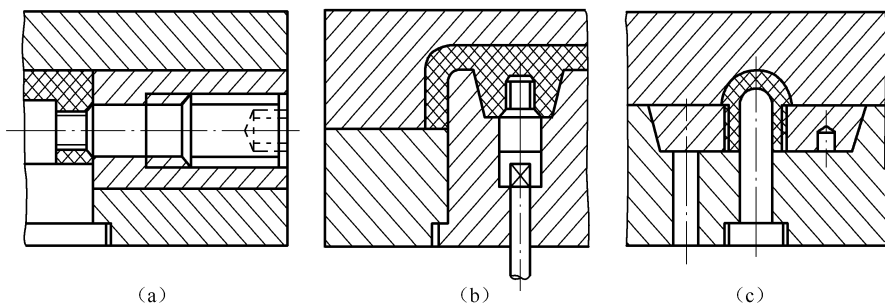


图 4-89 手动脱卸螺纹的三种常见形式

图 4-90 所示是一个在模内装有斜齿轮的手动脱卸内螺纹的模具结构。成型后的模具还处

在闭合状态时,人工用手柄摇动螺旋齿轮 5,带动与它啮合的螺旋斜齿轮 4 旋转,螺旋斜齿轮 4 通过滑键 2 带动螺纹型芯 7 旋转,由于凸模 3 的顶部设有止转槽 9,于是螺纹型芯相对于制品向左移动,直到完全脱出制品内的螺纹部分为止(螺纹型芯上的台肩与动模垫板端面接触,手柄无法继续摇动),然后开启模具从 I 处分型,用推杆(图中未画出)带动推板 6 使制品脱模。

3. 瓣合式镶拼模具结构

(1) 对于带有外螺纹的制品,可类比前面设计两瓣式的哈夫模。这类模具的优点是结构简单,脱卸螺纹方便,并可直接把制品顶出脱模。但是,螺纹在型环瓣台处容易产生拼缝溢料痕迹,影响螺纹使用要求。为了解决这种问题,在制品允许的情况下,可将制品螺纹设计成如图 4-91 所示的间断形式。

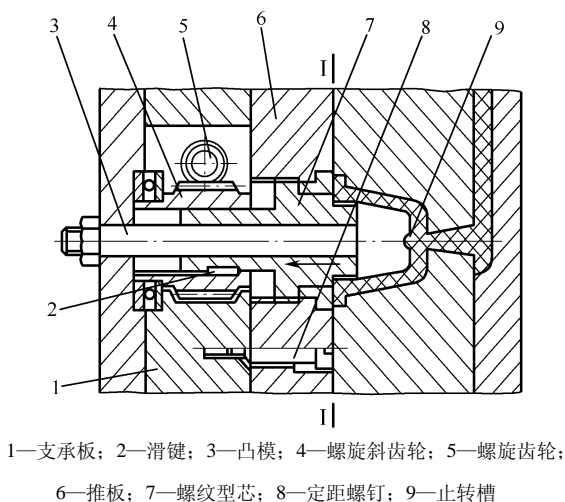


图 4-90 在模内装有斜齿轮手动脱卸内螺纹的模具结构

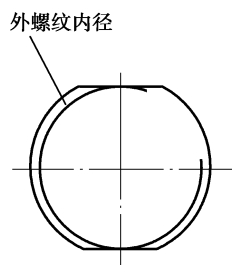


图 4-91 间断形式螺纹

(2) 对于带有内螺纹的制品,可采用瓣合式螺纹型芯,但为了脱模方便,一般都要把制品上的内螺纹设计成间断形式,如图 4-92 所示。

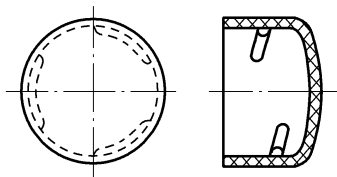


图 4-92 间断形式内螺纹

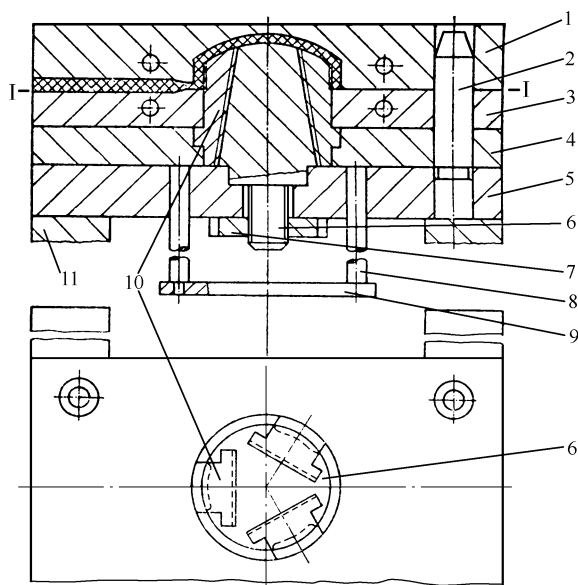
图 4-93 所示是根据图 4-92 所示制品设计的瓣合式模具结构,螺纹型芯镶块 10 由三块活动镶块构成,这三块镶块分别安装在凸模 6 的三个 T 形槽里。开模时,模具从 I 处分型,动模后退一段距离后,镶块推板 4 在推杆 8 作用下,迫使螺纹型芯镶块沿着型芯上的 T 形槽向上运动并朝中间收拢(但两者始终不能脱离接触),于是螺纹型芯从内侧脱出制品,同时脱模板 3 也在随着镶块推板 4 运动,所以在螺纹型芯朝中间收拢的同时,制品便会从凸模 6 上脱出。

综上所述可知,采用瓣合模成型内、外螺纹时,螺纹带有接缝或呈间断状,所以只适用于螺纹精度要求不高的场合。

4. 直角式注射模的自动脱螺纹机构

图 4-94 所示是直角式注射模的自动脱螺纹机构,制品的凹模和螺纹型芯分设在定模和动模两侧,该模具可与直角式注射机的开合模丝杠连接,利用开模动作自动脱卸螺纹。工作原

理为：开模时，注射机开合模丝杠 1 带动模具上的主动齿轮轴 2（轴端为方截面，插入在丝杠 1 的方孔内）转动，并通过被动齿轮 3 带动螺纹型芯 4 旋转，与此同时，定模上的凹模固定板 5 在弹簧 6 作用下随动模部分移动，使制品保持在型腔内无法转动（图中未画制品的止转结构），于是螺纹型芯便可逐渐脱出制品；当动模后退一定距离后，固定板将受限位螺栓 7 的作用停止运动，动、定模开始分型，此时螺纹型芯需在制品内保留一圈螺纹不被脱卸出，借此可把制品从凹模中拉出，由于制品对一圈螺纹长度的型芯包覆力很小，故制品从凹模中拉出后很容易坠落。



1—凹模型板（定模）；2—导柱；3—脱模板；4—镶块推板；5—动模垫板；6—凸模；
7—螺母；8—推杆；9—推杆底板；10—螺纹型芯镶块；11—动模座

图 4-93 瓣合式模具结构

设计这类模具时应注意，注射机开合模丝杠的螺距一般都不和制品螺距相等，即使经过齿轮变速传动，也很难使动模的移动速度与螺纹型芯的退出速度相等。为了补偿两者的速度差，防止螺纹型芯过早地将制品拉出凹模，使制品的外形起不到止转作用，必须在定模部分增设一个分型面并加装有关零部件（如图 4-94 中的凹模固定板和弹簧），以保证在脱卸螺纹型芯的过程中，制品始终保持在凹模内不发生转动。设计这类模具的关键在于正确地设计定模部分的开模距 s' 。如果 s' 过大，螺纹型芯全部退出制品后，制品就会滞留在凹模内不易脱出；如果 s' 过小，制品就会被提前拉出凹模，外形止转结构失效，单靠浇注系统凝料止转也不大可能，因此无法保证制品脱离螺纹型芯。通常， s' 与动、定模开始分型时螺纹型芯保留在制品内的螺纹圈数 N 有关，另外还与开合模丝杠的螺距 P_1 及制品上的螺距 P_2 有关。由于直角式注射机的开合模丝杠都由左、右旋两部分螺纹组成，所以

$$N' = \frac{N}{2P_1i - P_2}$$

式中 H ——制品高度（见图 4-94）；

i ——开合模丝杠到螺纹型芯的传动比。

$$s' = (N - N')(2P_1i - P_2) \\ = 2P_1iN - H_1 - H$$

式中 N ——制品上的螺纹圈数；

H_1 ——制品上的螺纹高度。

因此图 4-94 中的开模行程 s 为

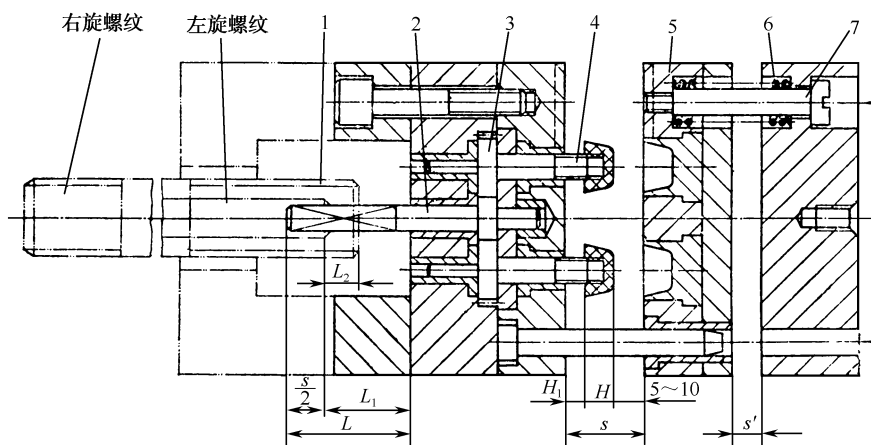
$$s = s' + H + H_1 + (5 \sim 10) \text{mm}$$

注射模中的主动齿轮轴靠方轴与开合模丝杠连接，方轴的长度与开模行程有关，由于方轴与丝杠的相对运动只由丝杠一端的螺纹起作用，因此方轴与丝杠相对运动的距离只相当于开模行程的一半，故

$$s/2 + L_2 < \text{方轴长度} \leq s/2 + L_1$$

式中 L_1 ——装配需要的长度，一般取 25mm 左右；

L_2 ——方轴滑孔长度（见图 4-94）。



1—注射机开合模丝杠；2—主动齿轮轴；3—被动齿轮；4—螺纹型芯；5—凹模固定板；6—弹簧；7—限位螺栓

图 4-94 直角式注射模的自动脱螺纹机构

5. 利用开模运动脱卸螺纹的机构

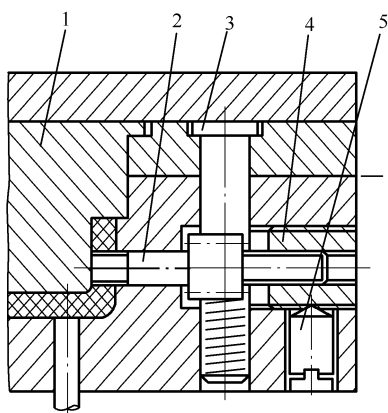
1) 侧壁螺纹的机动脱模机构

图 4-95 所示是这种机构的一个示例，螺纹轴线刚好与开模方向垂直，可以比较方便地利用齿条把开模时动模的直线运动转变成螺纹型芯的旋转运动，但要求型芯成型端与非成型端的螺距必须相等。工作原理为：开模时齿条导柱 3 带动螺纹型芯 2（螺纹型芯上装有齿轮可与齿条导柱啮合）旋转，从而使型芯成型端退出制品，而非成型端旋入紧固在模板上的套筒螺母 4 中。在该机构中，螺纹型芯需做轴向往复运动，安装在其上的齿轮宽度应保证型芯移动到左右两端极限位置时，仍然可与齿条导柱保持接触，并不与左右零部件碰撞。

2) 轴向螺纹的机动脱模机构

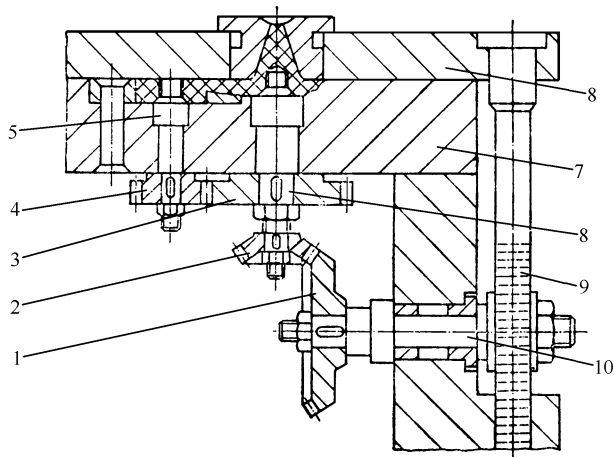
图 4-96 和图 4-97 所示都是这类机构的示例。图 4-96 所示机构适用于侧浇口多腔模，螺纹型芯与制品型腔同在动模一侧，不需要螺纹型芯做轴向运动便可脱出制品。工作原理为：开模运动通过齿条导柱、齿轮机构和一对锥齿轮带动圆柱齿轮 3、4 及螺纹型芯 5 旋转，旋转过程中，制品边脱开螺纹边向上运动（侧浇口起止转作用），直到脱出凹模为止。图中螺纹拉料杆 8 的作用是为了开模时把主流道凝料拉出定模，使其与制品一起滞留在动模一侧，然后

再靠拉料杆旋转将其顶出脱模。由于圆柱齿轮 3 和 4 旋向相反，所以拉料杆上的螺纹旋向也必须与螺纹型芯的旋向相反。



1—凸模；2—螺纹型芯；3—齿条导柱；
4—套筒螺母；5—紧定螺钉

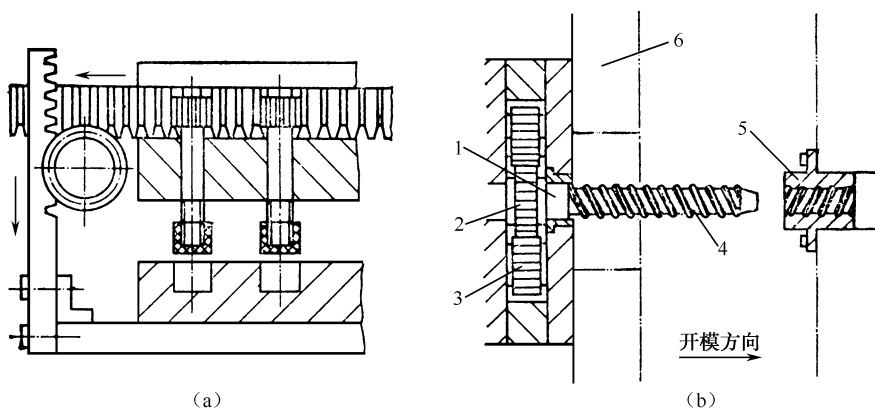
图 4-95 侧壁螺纹的机动脱模机构



1,2—锥齿轮；3,4—圆柱齿轮；5—螺纹型芯；6—定模底板；
7—动模板；8—螺纹拉料杆；8—齿条导柱；10—齿轮轴

图 4-96 轴向螺纹的机动脱模机构

图 4-97 所示是机动脱卸轴向螺纹的机构示意图。其中，图 4-97 (a) 所示使用两根齿条传递和转换开模运动，适用于型腔呈直线排列的多腔模；图 4-97 (b) 所示是用一根大升角螺杆或多头螺杆随开模运动插入固定安装的螺母之后，将开模运动转变成旋转运动的机构示意图，图中的小齿轮可与螺纹型芯连接，这种机构适用于型腔呈圆周布置的多腔模。



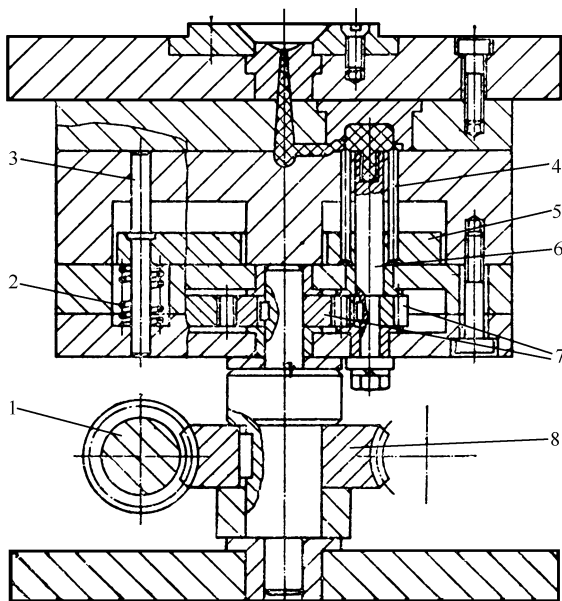
1—旋向轴；2—大齿轮；3—小齿轮；4—大升角螺杆或多头螺杆；5—固定螺母；6—动模板

图 4-97 机动脱卸轴向螺纹的机构示意图

6. 利用外部动力脱卸螺纹的机构

制品上的螺纹，也可依靠外部动力进行脱卸，如在模具上安装电动机、液压装置和气动装置等，但这些外部动力一般都还需要经过一系列传动零件才能使螺纹型芯或型环转动。图 4-98 所示是一个用电动机带动蜗轮蜗杆机构脱卸螺纹的模具示例。工作原理为：开模后，电动机（图中未画出）通过蜗杆、蜗轮和齿轮带动螺纹型芯 6 转动，转动过程中，制品一边

脱开螺纹一边向上运动，直至完全脱出型芯为止。图中每个螺纹型芯周围都有四个止动针插入制品端面止转，它们安放在下面装有弹簧的托板 5 上，托板受弹簧压缩反力作用，在螺纹型芯转动时随制品一起上升，直到退完螺纹使制品脱出型芯为止。合模时，复位杆将托板连同止动针一起推回原位。



1—蜗杆；2—弹簧；3—复位杆；4—止动针；5—托板；6—螺纹型芯；7—正齿轮；8—蜗轮

图 4-98 用电动机带动蜗轮蜗杆机构脱卸螺纹

4.6 侧向分型与抽芯机构设计难点与技巧

4.6.1 侧向分型与抽芯机构的分类

根据动力来源的不同，侧向分型与抽芯机构一般可分为手动、机动和气动（液压）三大类。

(1) 手动分型与抽芯机构：抽拔力小，批量小，螺纹手摇。

(2) 机动分型与抽芯机构：抽拔力大，易自动化，但结构复杂，有斜导柱、斜滑块、斜导槽、楔块、弹簧、弯销、齿轮齿条、斜槽等。

(3) 气动分型与抽芯机构：抽拔力大，抽拔距长，运动平稳，成本高。

4.6.2 抽芯距与抽芯力的计算

1. 抽芯距的确定

抽芯距是侧型芯抽至不妨碍塑件脱模位置的距离。一般抽芯距等于侧孔深加 2~3mm，如图 4-99 所示。

$$S = S_1 + (2 \sim 3) = 4 + 2 = 6\text{mm}$$

2. 抽芯力的影响因素

机械传动摩擦力可忽略不计，只算抽拔力（包紧力造成的）。抽拔力是抽芯机构克服包紧

力及摩擦力产生的，有起始抽拔力和后继抽拔力。起始抽拔力是开始抽拔的瞬时所需的力，后继抽拔力是以后抽拔的瞬时所需的力。

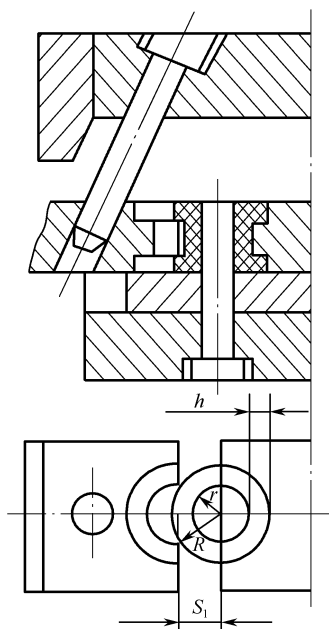


图 4-99 塑件的抽芯距

抽芯力影响因素：型芯成型部分的表面积及其几何形状；塑料的收缩率以及对于型芯的摩擦系数；塑件的壁厚及同时包紧型芯的数量和成型时的工艺参数等。

4.6.3 斜导柱分型与抽芯机构

1. 斜导柱分型抽芯的分类

斜导柱抽芯机：抽芯距大，顶出力由动模移动提供。

斜滑块：抽芯距小，顶出力由顶杆完成。

2. 斜导柱抽芯机构的零部件设计

1) 斜导柱设计

斜导柱的形式多用圆形，很少用矩形，不好加工，适于抽拔距离短、抽拔力小的情况，应用广泛。

斜导柱的结构形式见图 4-100。斜导柱的材料一般用 T8A、T10A 或 20 钢渗碳处理，淬火硬度在 HRC55 以上，表面粗糙度 $Ra\ 0.8\mu\text{m}$ 。斜导柱的安装形式见图 4-101。斜导柱孔的位置在具体作图时确定。

斜导柱倾斜角的确定见图 4-102。

$$F_w = F_t / \cos \alpha$$

$$F_k = F_t \cdot \tan \alpha$$

α 越大， F_w 越大，斜导柱受弯曲力大。 α 越大， F_k 越大，好抽拔。一般取 $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$ （最大不超过 22° ，最小不小于 10° ）。

α 与行程 H 、抽芯距 S 、有效长度 L 的关系为

$$L = S / \sin \alpha$$

$$H = S \cos \alpha$$

L 与 α 有关, α 根据需要自定 (综合考虑)。

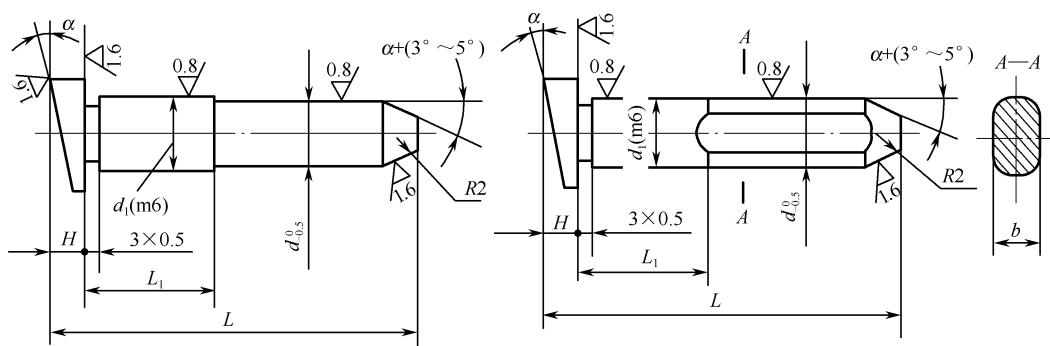


图 4-100 斜导柱的结构形式

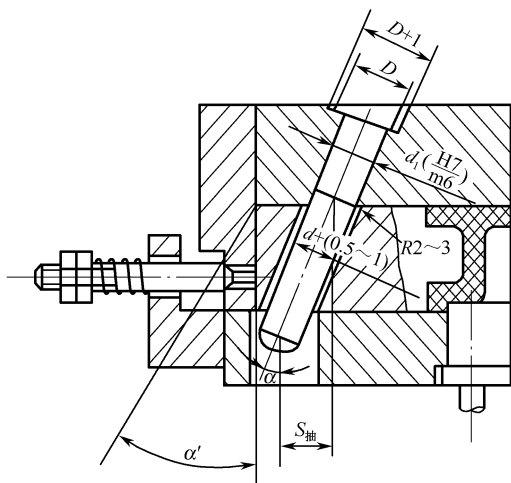


图 4-101 斜导柱的安装形式

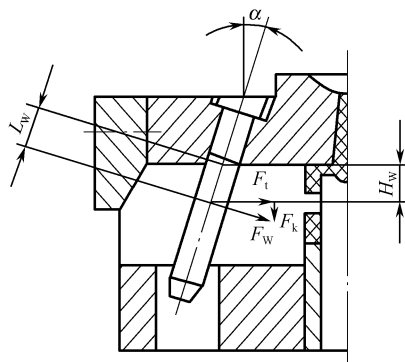


图 4-102 斜导柱倾斜角的确定

斜导柱直径按下式计算。

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 F_c H_w}{[\sigma_w] \cos^2 \alpha}}$$

斜导柱长度按下式计算 (见图 4-103)。

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = (D/2) \tan \alpha + h / \cos \alpha + (d/2) \tan \alpha + S / \sin \alpha + (5 \sim 10) \text{ mm}$$

2) 滑块的设计 (活动型芯)

滑块分整体式和组合式。

侧型芯和滑块的连接形式: 活动型芯应牢固地装配在滑块上, 防止其在抽芯时松脱, 还必须注意型芯与滑块连接部位的强度, 见图 4-104。

滑块的导滑形式: 滑块在导滑槽中滑动要平稳, 不应发生卡滞、跳动等现象。

滑块的定位装置: 滑块定位装置要灵活可靠, 保证开模后滑块停止在一定位置上而不任意滑动, 见图 4-105。

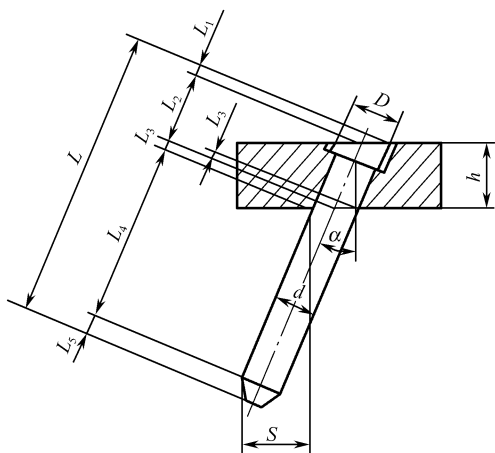


图 4-103 斜导柱的长度

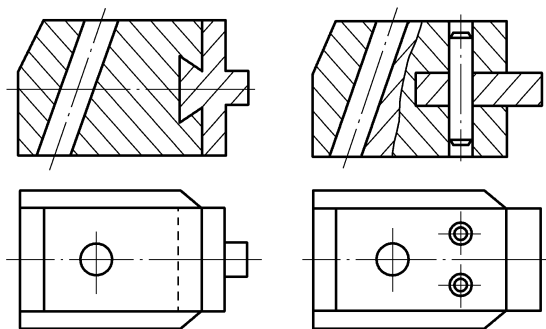


图 4-104 侧型芯与滑块的连接形式

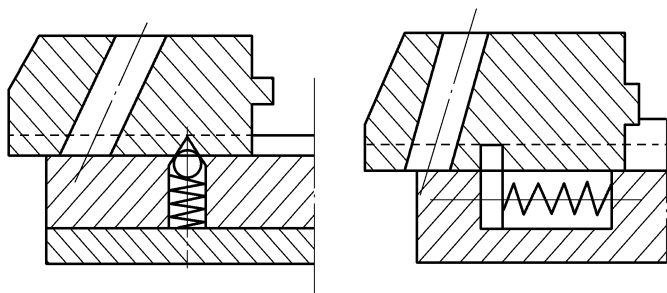


图 4-105 滑块的定位装置

滑块的导滑长度：开模时，滑块在模里 $2/3$ 处，不要掉下来（主要是在型芯较长时，容易在滑块出来后掉下来），见图 4-106。如果太短，滑块在开始复位时易倾斜，甚至损坏模具。在不增大模具尺寸情况下，可采用局部加长的办法解决。

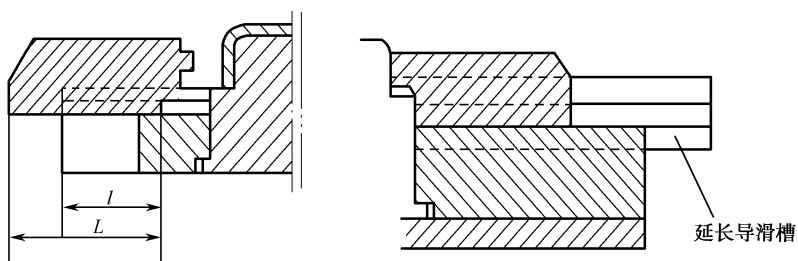


图 4-106 滑块的导滑长度

斜导柱与滑块的配合间隙取单边间隙 0.5mm ，瞬时空行程，开模塑件型芯或型芯及楔紧块先脱开，然后再侧抽芯。斜销倾斜角必须与滑块上斜孔的斜角一致，滑块斜孔直径一般比斜销直径大 $0.5\sim 0.8\text{mm}$ ，斜销伸入滑块深度要合适。

由于滑块部分易于磨损，故该部位零件的材料应具有一定的耐磨性。对于高寿命模具可采用贴淬火镶片于滑块两侧的方法，当楔紧斜面面积较大时，可开设油槽减轻磨损。组合式滑块设计实例见图 4-107。

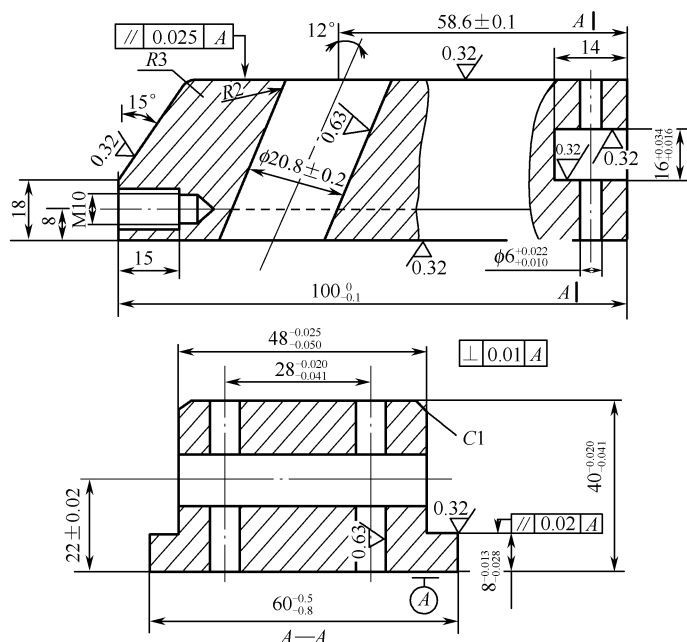


图 4-107 组合式滑块设计实例

3) 楔紧块的设计

滑块闭锁用的压紧块要承受注射时的侧向压力，应选用可靠的连接方式和模板相连接。压紧滑块不产生位移，保护斜导柱，保证塑件精度。

楔紧块的结构形式见图 4-108。

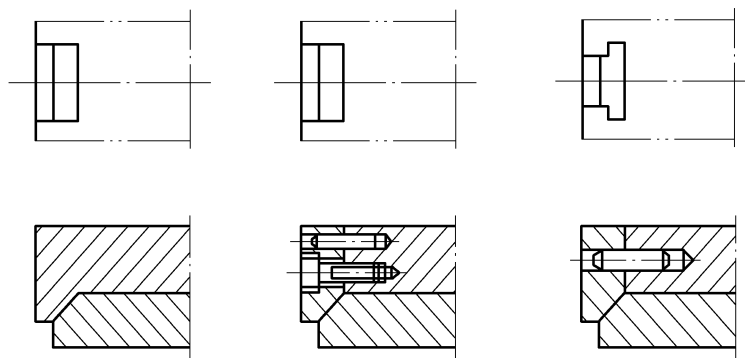


图 4-108 楔紧块的形式

楔紧块的楔角：楔紧块的楔角应大于斜导柱倾斜角 α ，通常大 $2^\circ \sim 3^\circ$ ，否则斜导柱无法带动滑块，见图 4-109。

$$\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$$

4) 斜导柱抽芯机构中的干涉现象及先复位机构

抽芯时的干涉现象：开模时，先抽芯再顶出；合模时，顶杆先下来，抽芯再合上，当顶杆未下完时，芯合上撞在杆上，称为干涉。滑块与推杆同在合模过程中复位，若滑块先复位而推杆后复位，则有可能发生侧型芯撞击推杆的现象，即干涉现象，见图 4-110。

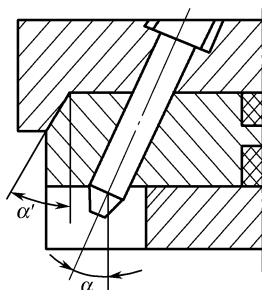


图 4-109 楔紧块的楔角

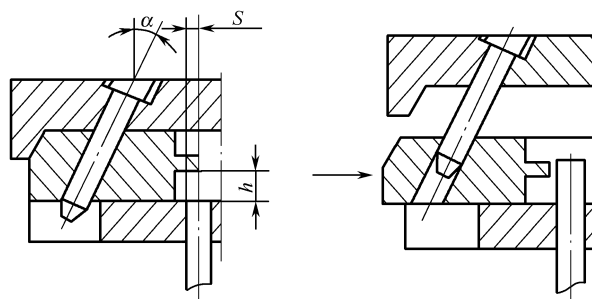


图 4-110 侧抽芯时的干涉现象

避免干涉的条件:

$$h \cdot \tan \alpha > S$$

此条件较难满足时须采用复位机构,尤其在液压抽芯中,须采用先复位机构,防止干涉。

不发生干涉的条件:

$$h_c > S_c \cdot \cot \alpha$$

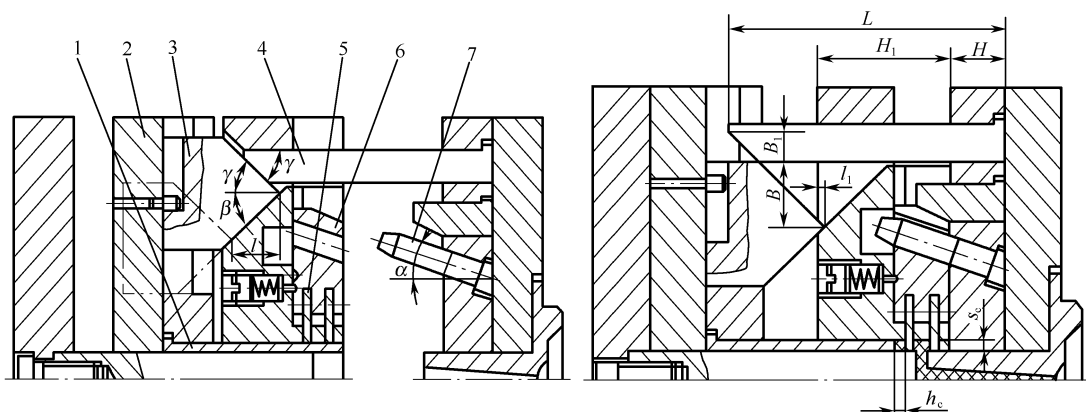
(1) 弹簧式顶杆优先复位机构。它的特点是用弹簧代替复位杆,并将其安装在顶杆固定板与动模之间,开模顶出制品时,借助注射机推顶装置带动顶杆脱模机构运动并压缩弹簧,一旦开始合模,注射机推顶装置便与顶杆脱模机构脱离接触,在弹簧回复力作用下顶杆迅速复位,因此可以避免与侧向型芯干涉。弹簧式顶杆优先复位机构具有结构简单,安装容易等优点,但弹簧力量小,容易疲劳失效,可靠性较差,一般只适用于复位力不大的场合,并需要定期更换弹簧。

(2) 楔杆-三角滑块式优先复位机构。图 4-111 所示是这类机构的示意图,合模时楔杆 4 与三角滑块 3 的接触先于斜导柱 7 与侧向型芯滑块 6 的接触,在楔杆作用下,三角滑块一边垂直下移,一边压迫顶管底板 2 带动顶管 1 水平后移,使顶管先于侧向型芯 5 复位,从而避免两者发生干涉。以下列出该图示机构中尺寸的几何关系,可供设计时参考。

$$L = H + H_1 + B \tan \beta + \frac{s_c}{\tan \beta} + (l - h_c)(1 + \tan \beta \tan \gamma) - l(1 + \tan^2 \beta) - l_1 + \frac{B_1}{\tan \gamma}$$

当 $\beta = \gamma = 45^\circ$ 时,

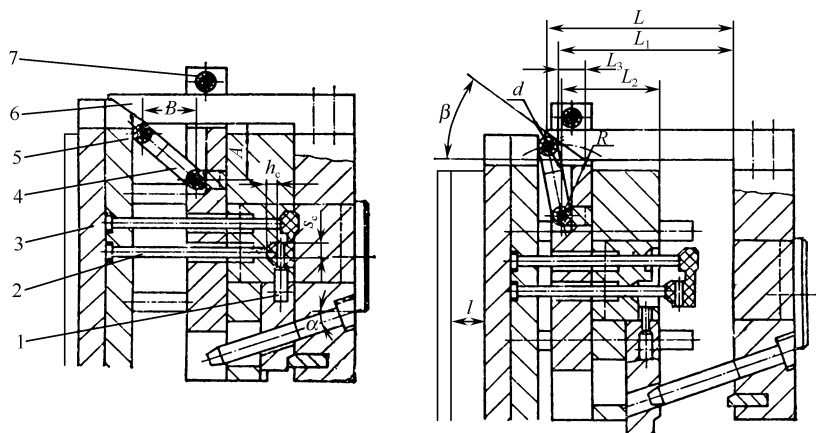
$$L = H + H_1 + B + s_c - 2h_c - l_1 + B_1$$



1—顶管; 2—顶管底板; 3—三角滑块; 4—楔杆; 5—侧向型芯; 6—侧向型芯滑块; 7—斜导柱

图 4-111 楔杆-三角滑块式优先复位机构

(3) 楔杆-摆杆式优先复位机构。图 4-112 所示是这类机构的示意图, 合模时楔杆 6 压迫摆杆 4 上的滚轮 5, 迫使摆杆向下转动, 并同时压迫顶杆底板 3 带动顶杆 2 优先侧向型芯 1 进行复位, 从而避免顶杆与侧向型芯发生干涉。以下列出该图示机构中尺寸的几何关系, 可供设计时参考。



1—侧向型芯; 2—顶杆; 3—顶杆底板; 4—摆杆; 5—摆杆滚轮; 6—楔杆; 7—楔杆导向滚轮

图 4-112 楔杆-摆杆式优先复位机构

$$L = B - \frac{d}{2} \sin \beta + L_2 + s_c \cot \alpha - h_c + (5 \sim 10) \text{ mm}$$

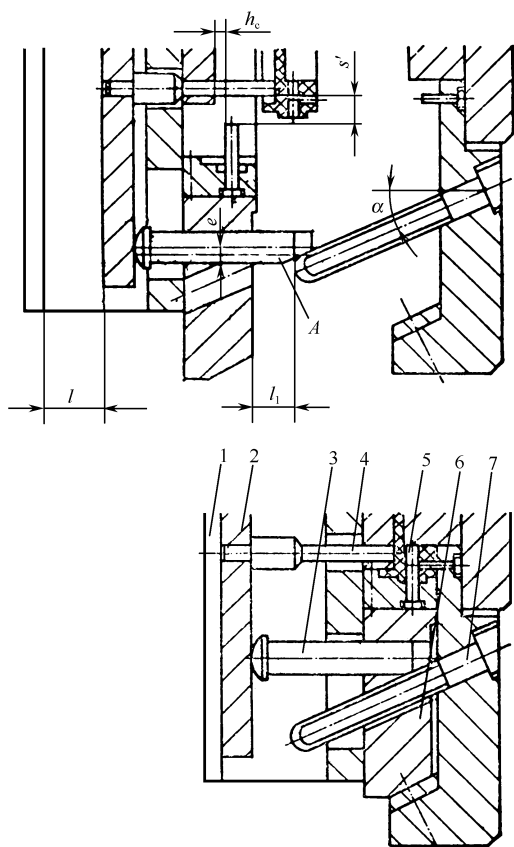
$$L_1 = B - \frac{d}{2} \sin \beta + l_2 + s_c \cot \alpha - h_c$$

$$L_3 = \left[\sqrt{R^2 - (B-1)^2} - A + \frac{d}{2} \cos \beta \right] \cot \beta$$

注意: 此处确定的 L_1 为最小极限长度, 为了确保可靠性, 可将 L_1 适当加大。例如, 在模具闭合高度允许的前提下, 式中 s_c 可换为 s , s 是侧向型芯的抽拔距。

(4) 斜面压力式优先复位机构。图 4-113 所示是这类机构的示意图, 图中复位杆 3 上方侧面带有一个斜面, 合模时, 斜导柱 7 未插入滑块斜孔之前先与该斜面接触, 通过合模压力驱使顶杆底板 2 带动顶杆 4 优先侧向型芯 5 复位, 从而避免两者在合模过程中发生干涉。该图列出了机构中尺寸的几何关系, 可供设计时参考。需要指出, 这类机构也可将斜面开设在侧向型芯滑块的內下侧, 一旦滑块开始运动, 则由滑块內下侧的斜面压迫复位杆顶端带动顶杆与侧向型芯同时复位。但在这种情况下一定要准确设计斜面角度, 以保证复位杆和侧向型芯在同时复位过程中不发生干涉。

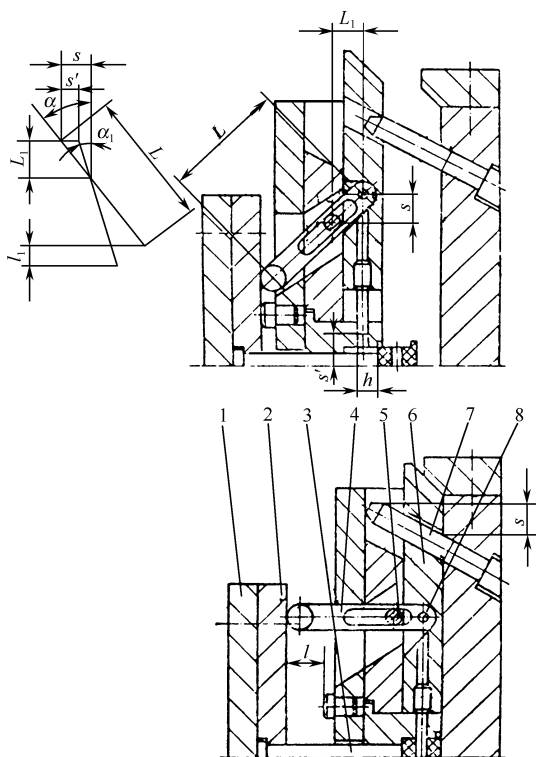
(5) 连杆式优先复位机构。图 4-114 所示是这类机构的示意图, 图中连杆 4 以圆柱销 5 为支点 (圆柱销安装固定在动模部分), 一端安装在转销 8 上 (转销安装固定在侧向型芯滑块 6 上), 另一端与顶杆固定板 2 接触。合模时, 斜导柱 7 一旦开始驱动侧向型芯滑块 6 运动, 则连杆必将发生逆时针转动, 迫使顶杆固定板 2 带动顶杆 3 迅速复位, 从而避免侧向型芯与顶杆发生干涉。该图下方列出了机构中尺寸的几何关系, 可供设计时参考。



1—动模座；2—顶杆底板；3—复位杆；4—顶杆；
5—侧向型芯；6—侧向型芯滑块；
7—斜导柱；A—合模前复位中心线位置

$$e = (l - l_1) \tan \alpha; s' \geq (l - h_c) \tan \alpha$$

图 4-113 斜面压力式优先复位机构



1—顶杆底板；2—顶杆固定板；3—顶杆；
4—连杆；5—圆柱销；6—侧向型芯滑块；
7—斜导柱；8—转销

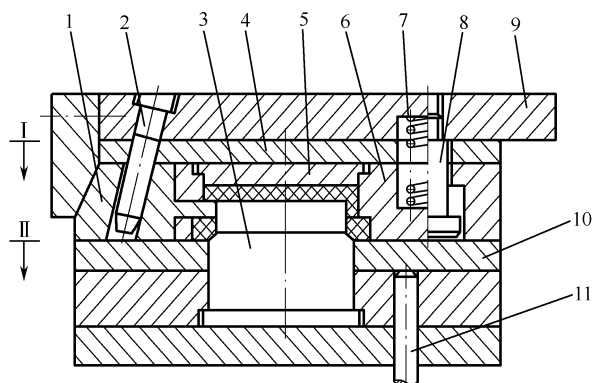
$$l_1 \geq h_1; l > l_1; l_1 = L(\cos \alpha_1 - \cos \alpha); \alpha = \tan^{-1} \frac{s}{l_1}; \alpha_1 = \tan^{-1} \frac{s - s'}{l_1}$$

图 4-114 连杆式优先复位机构

5) 定距拉紧装置设计

在斜导柱抽芯机构中，滑块大部分设在动模一侧，但有时因制品结构形状的特殊要求，滑块也可能安装在定模一侧。在这种情况下，为了把制品留在动模上，以便于顶出脱模，定模部分必须增加一个分型面，而且还要求模具必须首先在此分型，以便斜导柱驱动滑块抽芯，然后才能使动、定模分型，最后利用顶出机构将制品脱模。否则，制品的侧孔和侧凹便会损坏，或者制品不能被带出定模导致顶出脱模机构失去效用，严重时还会拉坏侧向型芯。所谓定距拉紧装置就是为了保证模具具有上述功能的一套机构，它可以视为顺序脱模机构的一种类型，只不过增加了侧向抽芯运动而已。定距拉紧装置的结构形式也很多，下面是几种示例。

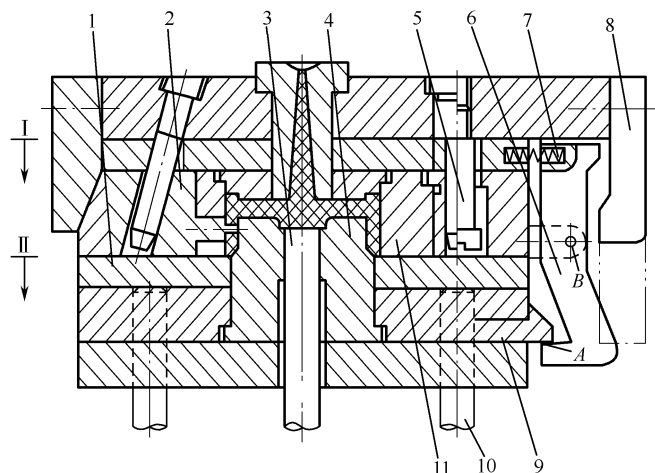
(1) 弹簧螺钉式。图 4-115 所示是这种定距拉紧装置的示例，侧向型芯滑块 1 安装在定模部分（可在定模中间板 4 上滑动）。开模时，在弹簧 7 作用下，定模首先从 I 处分型，斜导柱 2 驱动滑块向外抽芯，当抽芯动作完成时，定距螺钉 8 钩住凹模侧板 6 使其不能再随动模运动；继续开模，动、定模从 II 处分型，制品随凸模 3 脱出凹模保持在动模一侧，然后由脱模板 10 推出脱模。这种结构受弹簧尺寸和弹簧力限制，适用于抽拔距和抽拔力不大的场合。



1—侧向型芯滑块；2—斜导柱；3—凸模；4—定模中间板；5—凹模底板；6—凹模侧板；
7—弹簧；8—定距螺钉；9—定模底板；10—脱模板；11—推杆

图 4-115 弹簧螺钉式定距拉紧装置

(2) 摆钩式。图 4-116 所示是这种定距拉紧装置的示例，侧向型芯滑块 2 安装在定模部分，定模外侧还装有摆钩 6 和弹簧 7，它们与定距螺钉 5 及压块 8 共同组成拉紧机构，适用于抽拔力较大的场合。开模时，摆钩紧紧钩住动模上的挡块 9，迫使模具首先从 I 处实现定模分型，侧向型芯滑块 2 同时进行抽芯动作，抽芯结束后定距螺钉 5 钩住凹模侧板 11，使其不能再随动模运动；继续开模，压块 8 压迫摆钩 6 转动，摆钩失去约束动模的作用，动、定模从 II 处分型，制品随凸模 4 脱离凹模保持在动模一侧，然后由脱模板 1 和顶杆 3 将其顶出脱模。



1—脱模板；2—侧向型芯滑块；3—顶杆；4—凸模；5—定距螺钉；6—摆钩；
7—弹簧；8—压块；9—挡块；10—推杆；11—凹模侧板

图 4-116 摆钩式定距拉紧装置

设计上述机构时，必须使摆钩的着力点 A 到支点 B 所产生的力矩小于复位弹簧 7 与支点间的力矩，否则会出现脱钩现象。如果模具在制成后产生脱钩现象，可以用加长压块 8 的方法解决（如图中的双点画线所示）。

(3) 滑板式。图 4-117 所示是这种定距拉紧装置在合模时的情况, 其中拉钩 4 固定在动模 1 上, 紧紧钩住能在定模型板 2 上运动的滑板 3。开模时由于拉钩的作用, 迫使模具首先从 I 处实现定模分型, 同时斜导柱驱动侧向型芯滑块抽芯 (图中未画出), 当抽芯动作完成时, 压板 6 的斜面与滑板 3 上的斜面接触, 驱动滑板向内运动, 摆脱拉钩约束, 紧接着定距螺钉 7 发挥作用, 限制定模型板不能再随动模运动, 继续开模, 动、定模从 II 处分型。合模时, 分型面 II 首先闭合, 待拉钩越过滑板复位后, 滑板在弹簧 8 的作用下退回到拉钩内, 接着定模在 I 处闭合。

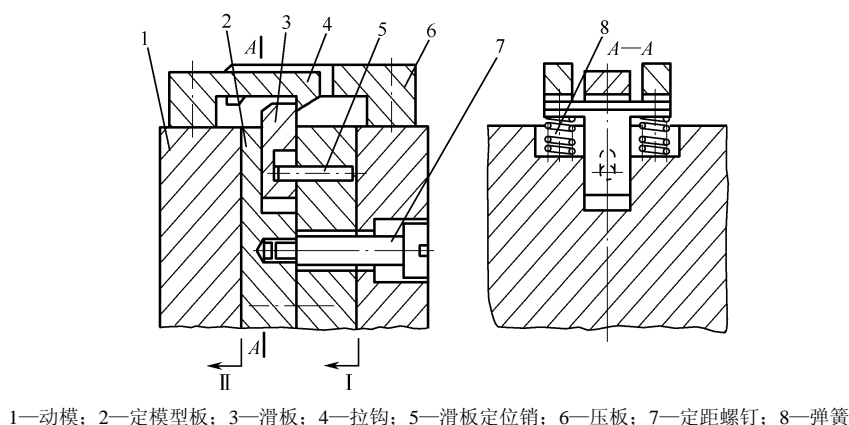


图 4-117 滑板式定距拉紧装置

(4) 导柱式。图 4-118 所示是这种定距拉紧装置的示例, 定距拉紧动作与两个导柱结构有关, 整个模具显得紧凑整齐。其中, 导柱 5 随凸模 14 固定在动模垫板 15 上, 靠近导柱头部有一个环形半圆槽, 与其对应, 在凹模型板 9 内部装有止动销 2。开模时, 止动销在弹簧 3 作用下, 其头部紧紧插在导柱的半圆槽内, 使凹模型板暂时随动模移动, 迫使模具从 I 处实现定模分型, 同时斜导柱 6 驱动侧向型芯滑块 1 运动抽芯, 当抽芯动作完成后, 兼起导柱作用的导柱拉杆 10 上的凹槽底部与定距螺钉 11 接触, 限制凹模型板不能再随动模运动; 继续开模时, 开模力将大于止动销 2 对导柱槽的压力, 导致止动销后退进入凹模板, 于是动、定模从 II 处分型, 然后由脱模板 12 将制品推出脱模。这种结构形式比较简单, 但定距拉紧力不大, 只适用于抽拔力较小的场合, 另外, 也可用来脱卸点浇口凝料。

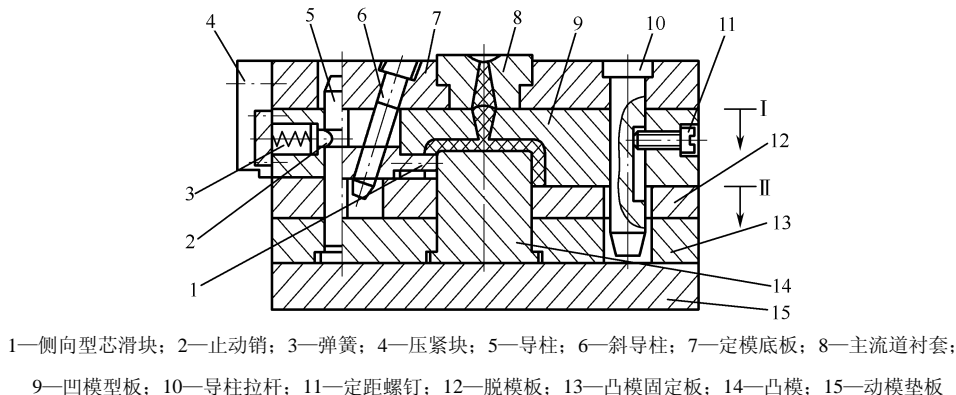


图 4-118 导柱式定距拉紧装置

6) 侧向分型与抽芯机构的安装结构形式

斜导柱和滑块在模具上的安装位置不同, 它们组成的侧向分型与抽芯机构可分为四种形式, 各自具有不同特点, 设计时应根据具体情况合理选用。

(1) 斜导柱安装在定模, 滑块安装在动模。

它们的特点是可以使用结构比较简单的单分型面模具, 故应用最为广泛, 但必须避免侧向型芯与顶杆干涉, 必要时需要使用顶杆优先复位机构。

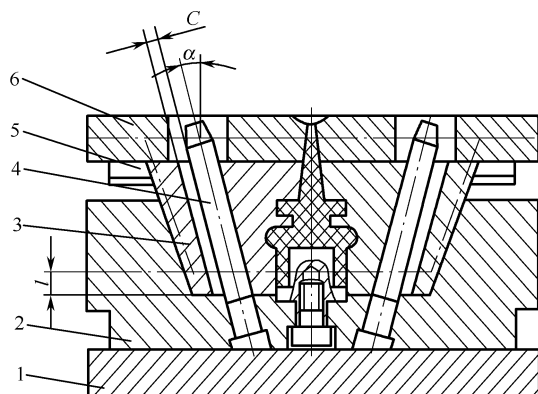
(2) 斜导柱和滑块同时安装在定模。

使用这类侧向抽芯机构主要是因为制品具有某些特殊要求, 设计时必须在定模部分增加一个分型面, 以保证侧向抽芯动作先于顶出脱模动作, 同时也是为了保证制品能够保持在动模一侧, 以便顶出脱模机构有效工作, 为此, 必须使用定距拉紧装置。

(3) 斜导柱安装在动模, 滑块安装在定模。

这种形式的机构分两种情况, 一种是制品可能留在定模一侧, 另一种情况则设法把制品保持在动模一侧。

图 4-119 所示是制品可能留在定模一侧的示例, 它的特点是模具中一般不设顶出脱模机构, 凹模可以做成能够滑动的瓣合式结构, 模具结构比较简单, 但经常需要手工取件, 操作不大方便, 生产率较低, 主要适用于小批量生产, 或适用于不必设置顶出脱模机构的制品。在图 4-119 中, 凸模安装在动模部分, 可以滑动的瓣合式凹模 (凹模滑块) 安装在定模中的导滑槽内, 侧向分型将与开模运动同时进行, 如果制品紧紧包覆在凸模上随动模运动, 则凹模滑块的运动将会受到妨碍, 制品将有可能被模具拉坏。为了避免这种现象发生, 设计时应把斜导柱与导滑斜孔的间隙 C 取大一些 (一般可取 $1.6 \sim 3.6\text{mm}$), 这样做可使侧向分型运动稍稍滞后开模运动一段时间, 在此时间内, 动、定模将分开一段长度为 $l = C / \sin \alpha$ 的距离, 同时由于凹模的约束, 制品与凸模也将脱开 l 长度的距离, 因此两者之间能够发生一定程度的松动, 然后斜导柱与导滑斜孔侧壁接触, 侧向分型运动开始, 从而也就避免了上述现象, 但制品却很难再随凸模运动, 所以经常滞留在定模一侧。



1—动模底板；2—模套；3—凹模滑块（瓣合式）；4—斜导柱；5—导滑槽；6—定模底板

图 4-119 斜导柱安装在动模例一

为了克服制品留在定模不易脱取的缺点, 对于斜导柱安装在动模, 滑块安装在定模的模具, 也可以设法将制品保持在动模一侧 (如图 4-120 所示), 然后利用动模中的顶出机构将制品脱模。在图 4-120 中, 模具首先从 I 处开启, 同时开始侧向抽芯, 为了不妨碍侧向型芯运动,

凸模 1 可在动模侧的凸模固定板 11 中浮动一段距离,同时,脱模板 10 下面的弹簧顶销 12(图中用虚线表示)负责把脱模板压靠在凹模端面防止制品脱出型腔;当动模移动一定距离后,浮动的凸模台肩与其固定板接触,模具从Ⅱ处分型,制品随凸模运动脱出凹模型腔并保持在动模一侧,然后通过脱模板把制品从凸模上脱除。这种形式的侧向抽芯机构主要适用于抽拔力与抽拔距都比较小的深罩形制品中。

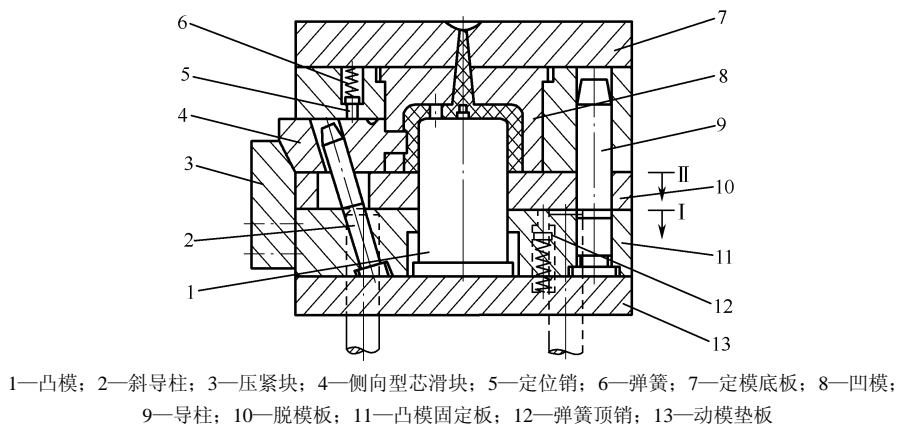


图 4-120 斜导柱安装在动模例二

(4) 斜导柱和滑块同时安装在动模。

其特点是瓣合式活动凹模本身即为滑块,侧向分型动作是通过斜导柱转换顶出机构的运动方向来实现的,滑块始终不会脱离斜导柱,所以不需要对滑块设置定位装置,主要适用于抽拔力和抽拔距都不太大的场合。

4.6.4 弯销式侧向分型与抽芯机构

弯销式侧向分型与抽芯机构的工作原理与斜导柱式相同,不同之处仅在于结构上使用非圆截面的弯销代替了斜导柱。通常,弯销及其导滑孔的制造困难一些,但是弯销也有一些斜导柱所不及的优点,现将弯销的结构特点和安装方式简述如下。

1. 弯销的结构特点

(1) 强度高,可采用较大的倾角。

弯销一般采用矩形截面,抗弯截面系数比斜导柱大,因此抗弯强度较高,可以采用较大的倾角,所以在开模距相同的条件下,使用弯销可比斜导柱获得较大的抽拔距。

由于弯销的抗弯强度较高,所以,在模腔压力不太大时,若在其前端设置一个支承块,弯销本身即可对侧向型芯及其滑块起压紧作用(见图 4-121),这样做有利于简化模具结构。但在模腔压力比较大时,仍应考虑另设压紧块。

(2) 可以分段加工,用来控制机构的抽拔速度和抽拔距。

根据制品的抽拔要求,可以把弯销分段加工成不同的斜度,以控制机构的抽拔速度和抽拔距。例如,开模之初可采用较小的斜度,以获取较慢的抽拔速度和较大的抽拔力,然后再采用较大的斜度,以获取较快的抽拔速度和较大的抽拔距。当弯销分段加工成不同斜度时,弯销孔也应分段加工与其配合,配合间隙可取 0.5mm(见图 4-121)或更大一些,以免发生弯销运动不灵或卡滞现象。

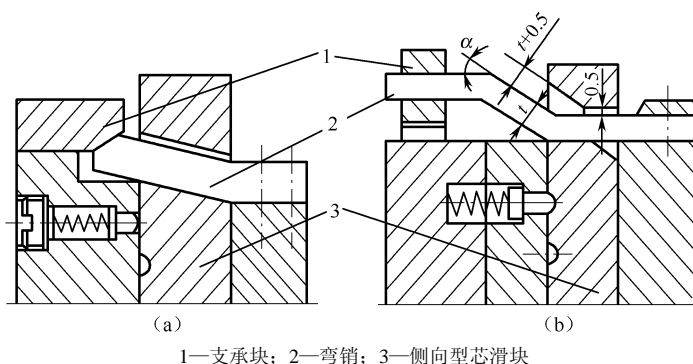


图 4-121 模外弯销

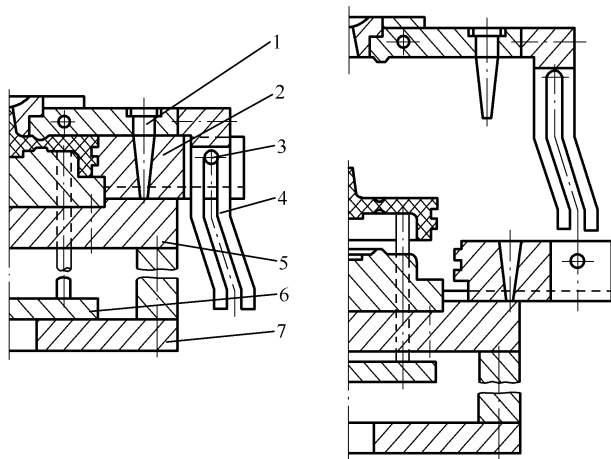
(3) 中间可开滑槽。

一般来讲，弯销及其导滑孔的加工都比较困难，为此可在弯销中部开设一个滑槽，同时在滑块上安装一个圆柱形滑销与滑槽相配，于是开模后弯销可以通过滑销带动滑块运动，从而可以在滑块上省去加工弯销导滑孔的工作。图 4-122 所示是弯销中部开设滑槽的示例，工作原理为：开模时侧向型芯滑块 2 随动模向下运动，当动、定模开启到一定距离后，固定在定模上的止动销 1 与侧向型芯滑块脱离接触，弯销 4 通过其上的滑槽及安装在滑块上的滑销 3 带动滑块进行侧向抽芯，最后通过动模内的顶出机构使制品从凸模上脱出，其中的止动销 1 主要用来控制侧向抽芯的开始时间。

2. 弯销在模具上的安装方式

1) 模外安装

弯销可以安装在模具外侧，如图 4-121 和图 4-122 所示。采用这种安装方法可以减小模板尺寸和模具重量。



1—止动销；2—侧向型芯滑块；3—滑销；4—弯销；5—凸模垫板；6—顶出脱模机构；7—动模底板

图 4-122 弯销滑销侧向分型与抽芯机构

2) 模内安装

弯销也可以安装在模具内部，如图 4-123 所示。这种安装方法的特点是模具结构紧凑，开模时制品首先与安装在定模上的凸模分离，然后在弯销作用下进行侧向抽芯。

弯销安装在模内时, 还可进行内侧抽芯, 如图 4-124 所示。该图示中, 制品内侧壁有凹槽, 开模时 I 处首先分型, 弯销 2 的右侧斜面驱动侧向型芯滑块 3 向右移动进行内侧抽芯; 合模时, 弯销 2 的左侧斜面驱动侧向型芯回复到成型位置。

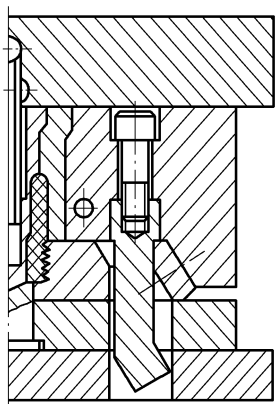
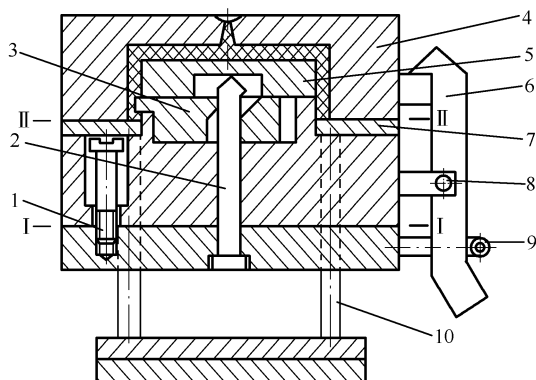


图 4-123 弯销安装在模具内部



1—限位螺钉; 2—弯销; 3—侧向型芯滑块; 4—凹模;
5—组合凸模; 6—摆钩; 7—脱模板; 8—摆钩转轴; 9—滚轮; 10—推杆

图 4-124 弯销内侧抽芯

4.6.5 斜滑块式侧向分型与抽芯机构

1. 斜滑块式机构的工作原理及其类型

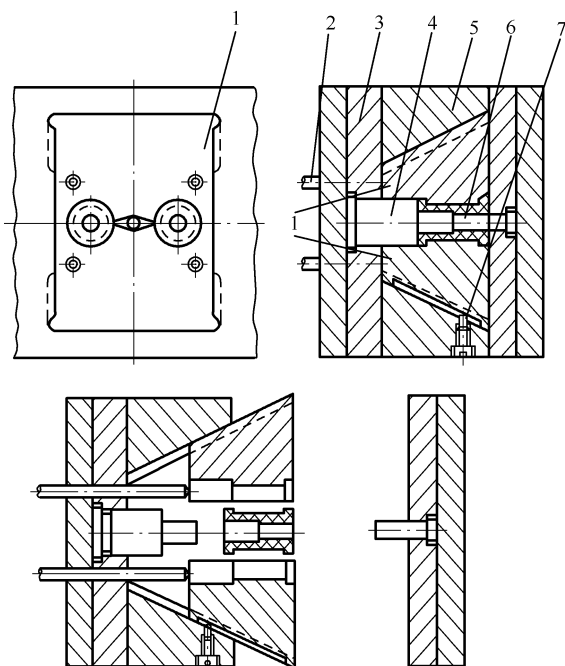
当制品的侧凹较浅, 所需的抽拔距不大, 但侧凹的成型面积较大, 因而需要较大的抽拔力时, 可以采用斜滑块式机构进行侧向分型与抽芯。斜滑块式机构的特点是利用顶出脱模机构的推力, 驱动滑块斜向运动, 在制品被顶出脱模的同时, 由滑块完成侧向分型与抽芯动作。通常, 斜滑块式侧向分型与抽芯机构要比斜导柱式简单得多, 一般可分为外侧分型 (或抽芯) 和内侧抽芯两种类型。

1) 斜滑块外侧分型机构

图 4-125 所示是斜滑块外侧分型机构示例, 制品是一个线圈骨架, 外侧带有深度浅但面积大的侧凹, 斜滑块本身就是瓣合式凹模镶块, 型腔由两个斜滑块组成。开模后, 在推杆 2 作用下, 斜滑块 1 向上运动的同时, 也向两侧分开, 分开动作依靠斜滑块上的凸耳在模套 5 上的滑槽中所进行的斜向运动来实现, 滑槽的方向与斜滑块的斜面平行, 在斜滑块完成侧向分型运动的同时, 制品也将从主型芯上脱出, 其中, 限位螺钉 7 是为了防止斜滑块从模套中脱出而设置的。这种机构主要适用于制品对主型芯的包紧力较小, 侧凹的成型面积较大的场合, 否则, 斜滑块很容易把制品的侧凹拉坏, 这时就不宜采用斜滑块机构。

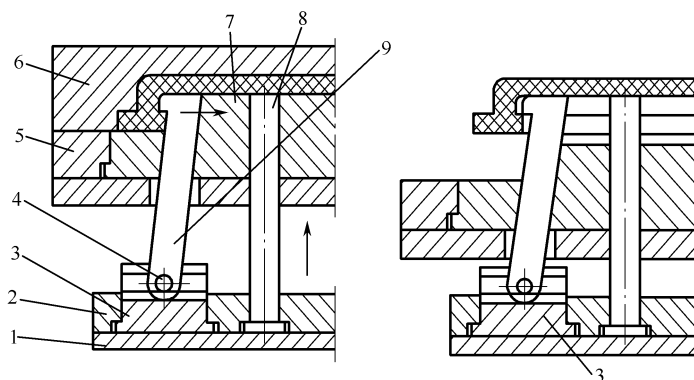
2) 斜滑块内侧抽芯机构

图 4-126 所示是斜滑块内侧抽芯机构的一个示例, 斜滑块 9 兼起内侧型芯作用, 其下端与滑块座 3 上的转销 4 连接 (转销可在滑块座的滑槽中平移), 并能围绕转销转动, 滑块座用顶杆固定板 2 固定, 凸模固定板 5 上开一导滑斜孔, 斜滑块穿过这个斜孔并与斜孔保持间隙配合。开模后, 注射机推顶装置通过顶杆底板 1 使顶杆 8 和斜滑块向前运动, 由于斜孔的作用, 斜滑块同时还会向模具内侧移动, 从而在顶杆顶出制品的同时完成内侧抽芯动作。



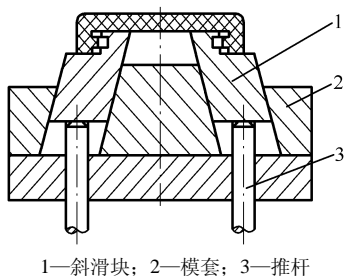
1—斜滑块（瓣合式凹模镶块）；2—推杆；3—主型芯固定板；4—主型芯；5—模套；6—定模型芯；7—限位螺钉

图 4-125 斜滑块外侧分型机构



1—顶杆底板；2—顶杆固定板；3—滑块座；4—转销；5—凸模固定板；6—定模型板；7—凸模；8—顶杆；9—斜滑块

图 4-126 斜滑块内侧抽芯机构一



1—斜滑块；2—模套；3—推杆

图 4-127 斜滑块内侧抽芯机构二

图 4-127 所示是斜滑块内侧抽芯机构的另一种形式，其特点是斜滑块 1 在推杆 3 的作用下，既起顶出制品作用，又做内侧抽芯运动。工作原理为：开模后推杆 3 推动斜滑块向前运动，同时在模套 2 的斜孔作用下，斜滑块同时向内收缩，于是斜滑块在顶出制品的同时，也将完成内侧抽芯动作。

2. 斜滑块式机构的设计要点

1) 正确选择主型芯位置

主型芯位置选择得恰当与否，直接关系到制品能否顺利

脱模。例如,图 4-128 (a) 中将主型芯(图中未画出)设置在定模一侧,开模后主型芯立即从制品中抽出,然后斜滑块才能分型,所以制品很容易在斜滑块上黏附于某处塑料收缩值较大的部位,因此不能顺利脱模。如果将主型芯位置改变,将其设置在动模上,如图 4-128 (b) 所示,则主型芯在制品脱模过程中具有导向作用,在斜滑块分型过程中不会黏附在斜滑块上,因此脱模比较顺利。

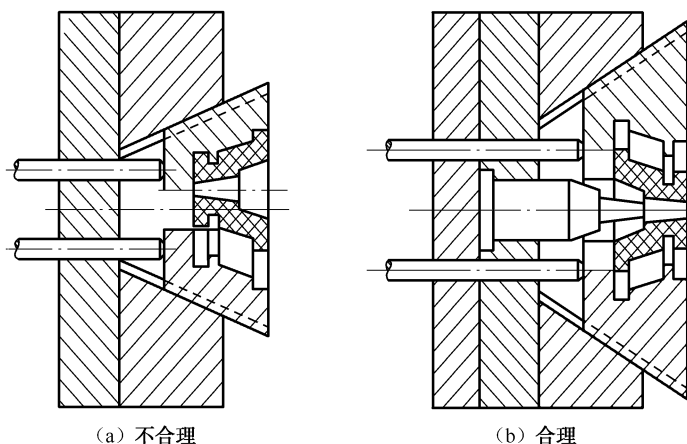
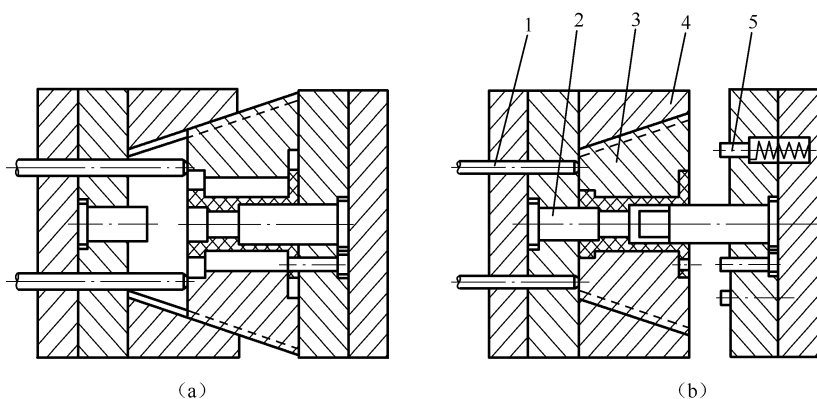


图 4-128 正确选择主型芯位置

2) 开模时斜滑块的止动方法

斜滑块通常设置在动模部分,并要求制品对动模部分的包紧力大于对定模部分的包紧力。但有时因为制品的特殊结构,定模部分的包紧力大于动模部分,此时,如果没有止动装置,则斜滑块在开模动作刚刚开始之时便有可能与动模产生相对运动,导致制品损坏或滞留在定模而无法取出,如图 4-129 (a) 所示。为了避免这种现象发生,可参照图 4-129 (b) 设置斜滑块弹簧止动装置,开模后,弹簧顶销 5 紧压斜滑块 3 防止斜滑块与动模分离;继续开模时,制品留在动模上,然后由推杆 1 带动斜滑块侧向分型并顶出制品。



1—推杆; 2—动模型芯; 3—斜滑块(瓣合式凹模镶块); 4—模套; 5—弹簧顶销

图 4-129 斜滑块弹簧止动装置

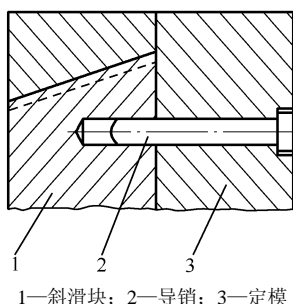


图 4-130 导销机构

斜滑块止动还可采用如图 4-130 所示的导销机构，即在斜滑块上钻一圆孔与固定在定模上的导销 2 呈间隙配合，开模后，在导销的约束下，斜滑块不能进行侧向运动，所以开模动作也就无法使斜滑块与动模之间产生相对运动；继续开模时，导销与斜滑块上的圆孔脱离接触，动模内的顶出机构将推动斜滑块侧向分型并顶出制品。

3) 斜滑块的组合形式

根据制品需要，斜滑块通常由 2~6 块组合而成，在某些特殊情况下，斜滑块还可以分得更多。设计斜滑块的组合形式时应考虑分型与抽芯方向的要求，并尽量保证制品具有较好的外观质量，不要使制品表面留有明显的镶拼痕迹。另外，还应使斜滑块的组合部分具有足够的强度。常用的斜滑块组合形式如图 4-131 所示，如果制品外形有转折，则斜滑块的镶拼线应与制品上的转折线重合，如图 4-131 (e) 所示。

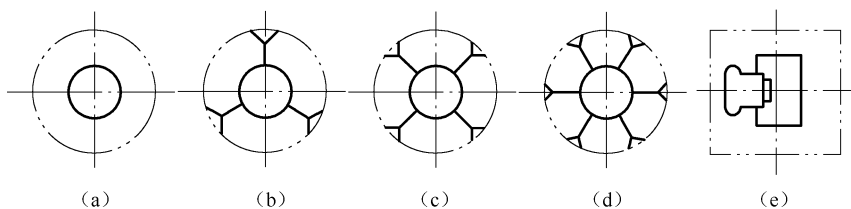


图 4-131 斜滑块组合形式

4) 斜滑块的导滑

图 4-132 (a) ~ (d) 所示是几种常见的斜滑块导滑形式，按照导滑部分的特点，分别称为镶块导滑、凸耳导滑、圆销导滑和燕尾导滑。其中，前三种加工比较简单，应用广泛，而燕尾式加工比较复杂，但因占用面积较小，故在斜滑块的镶拼块较多时可以使用。斜滑块导滑部位均应采用间隙配合，配合间隙可参考斜导柱式机构中滑块与滑槽的配合间隙进行设计。

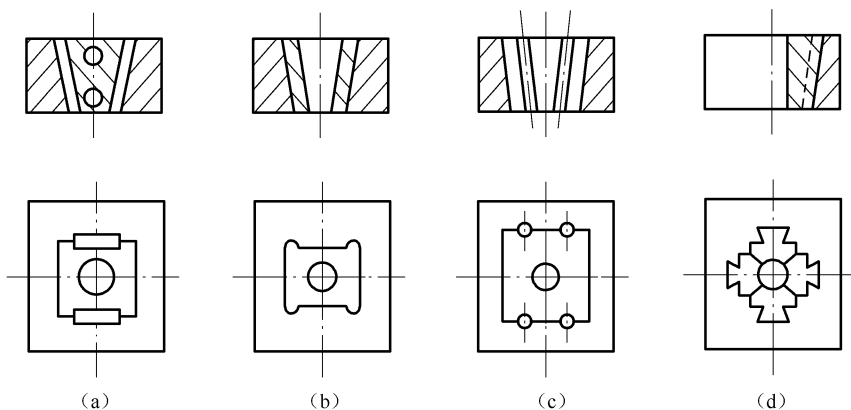


图 4-132 几种常见的斜滑块导滑形式

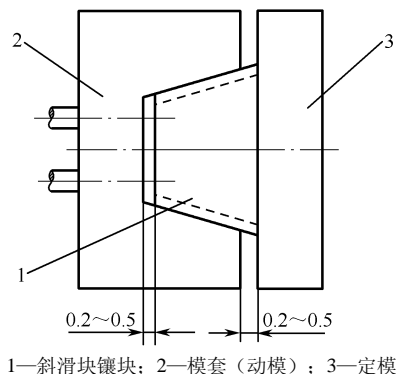
5) 斜滑块的推出行程与倾角

斜滑块式机构的推出行程计算，与斜导柱式机构中抽拔运动所需的开模距计算相似，但

斜滑块的强度较高,其倾角可比斜导柱倾角设计得大一些,不过最好不超过 $26^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。另外,在同一副模具中,如果制品各处的侧凹深浅不同,则所需的斜滑块推出行程也不相同。为解决这一问题,使斜滑块间运动保持一致,可将各处的斜滑块设计成不同的倾角。

6) 斜滑块的装配要求

为了保证斜滑块在合模时拼合紧密,避免注射成型时产生飞边,装配斜滑块时必须达到如图 4-133 所示的要求,即斜滑块与模套底部及端面之间均要留 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 间隙。这样做的目的是为了斜滑块与动模(或导滑槽)之间有了磨损之后,通过修磨斜滑块的端面,继续保持拼合的紧密性。



1—斜滑块镶块; 2—模套(动模); 3—定模

图 4-133 斜滑块的装配

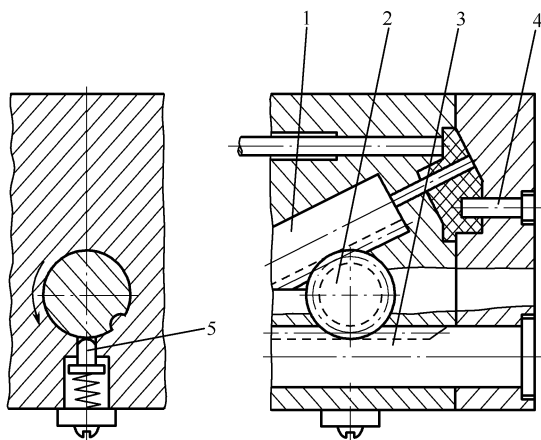
7) 斜滑块推力不均问题

采用推杆直接推动斜滑块运动时,由于加工制造误差,往往会出现推力不均匀现象,严重时能使制品损坏。如果需要解决这一问题,可在推杆与斜滑块之间加设一个推板。

4.6.6 齿轮齿条式侧向抽芯机构

齿轮齿条式侧向抽芯机构可以获得较大的抽拔距和抽拔力,但在一般中小型注射模中不大采用。下面举例说明这种机构的工作原理,可供设计时参考。

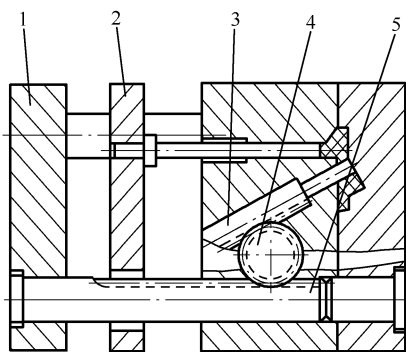
图 4-134 所示是传动齿条固定在定模上并带动模内齿轮转动进行侧向抽芯的机构示例。其工作原理为:开模后动模内的齿轮 2 与固定在定模上的传动齿条 3 啮合发生转动,于是其上带有齿条的侧向型芯 1 在齿轮 2 的带动下进行抽芯运动,至开模运动结束时,传动齿条 3 与齿轮 2 脱离接触,侧向型芯也同时停止运动。为了避免再次合模前齿轮 2 发生意外转动,机构中设置了弹簧定位销 5,它在开模运动结束时可插入齿轮 2 的定位槽中(该槽开在齿轮 2 的轴上),以对其定位和防转。



1—侧向型芯(齿条式); 2—齿轮; 3—传动齿条; 4—定模型芯; 5—弹簧定位销

图 4-134 传动齿条固定在定模上的侧向抽芯机构

图 4-135 所示是传动齿条固定在动模上并带动模内齿轮转动进行侧向抽芯的机构示例。在这种机构中，由于带动抽芯运动的齿轮齿条与顶出脱模机构同在动模，所以设计时必须使抽芯动作先于顶出动作，以免损坏制品。为此，可分别设置一个齿条底板 1 和一个顶杆底板 2，使它们不能同时与注射机顶杆发生作用，从而实现抽芯与顶出顺序动作。其工作原理为：开模后齿条底板 1 先与注射机推顶装置发生作用，于是传动齿条 5 带动齿轮 4 转动，在齿轮 4 作用下，带有齿条的侧向型芯 3 产生直线运动，实现抽芯动作，当抽芯动作结束时，顶杆底板 2 与齿条底板 1 接触，顶出动作开始，直至将制品顶出脱模。在该图示的机构中，传动齿条 5 与齿轮 4 始终保持接触，不需要齿轮定位装置。另外，当抽拔距较长，而开模距又受注射机限制不能太大时，可以采用双联齿轮和加大传动比的方法满足抽拔距要求。



1—齿条底板；2—顶杆底板；3—侧向型芯；4—齿轮；5—传动齿条

图 4-135 传动齿条固定在动模上的侧向抽芯机构

4.7 温控介质循环回路的设计技巧

采用水、油和蒸汽一类介质调节控制模具温度时，它们流动的通道必须在模具中构成具有入口和出口的循环回路形式，只有这样才能将塑料传给模具的热量带走，或将它们自身的热量传给模具。下面以冷却水路为例，阐述在模具中设计和布排温控介质循环回路的一些原则。

1. 冷却水道应尽量多，截面尺寸应尽量大

模腔表壁的温度与冷却水道的数量、截面尺寸及冷却水的温度有关。图 4-136 所示是在冷却水道数量和截面尺寸不同的条件下，向模具内通入不同温度（45℃和 59.83℃）的冷却水后，模具内同一截面上的等温曲线分布情况。由图示可知，采用五个直径较大的水道时，模腔表壁的温度分布比较均匀，温差只有 0.05℃左右（分型面附近的温度约 60.05℃，模腔表壁温度约 60℃）；而采用两个直径较小的水道时，模腔表壁温度分布的均匀性变差，温差达 6.67℃左右（分型面附近的温度约 60℃，模腔表壁的温度约 53.33℃）。据此可知，为了使模腔表壁的温度分布趋于均匀，防止制品出现温度不均，以及由此而产生的不均匀性收缩和制品残余应力，在模具结构和尺寸允许的情况下，应尽量多设冷却水道，并使用较大的截面尺寸。

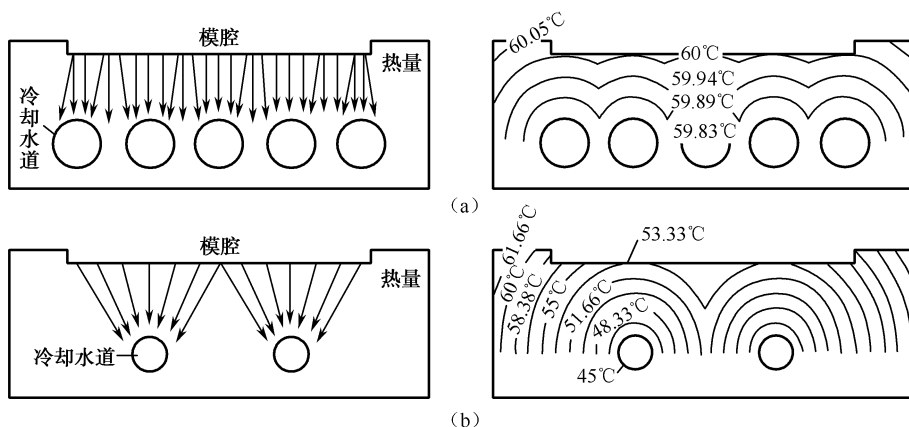


图 4-136 模腔表壁的温度

2. 冷却水道应尽量接近模腔表壁且彼此到模腔表壁的距离应尽量相等

一般来讲，当模腔材料使用普通钢材且未经淬火时，其导热性比较好，可以不考虑冷却水道至模腔表壁距离的大小。但是，当模腔材料采用不锈钢、淬火钢等导热性差的钢材时，必须考虑冷却水道到模腔表壁的距离。通常，这一距离越小，水流对模腔表壁的冷却效果越大，模腔表壁的温度越低（见图 4-136）。然而，为了保证模腔具有足够的强度和刚度，冷却水道至模腔表壁的距离又不能太小，因此在设计冷却水路时，只要能够保证模腔的强度和刚度，冷却水道至模腔表壁的距离应尽量取小一些，但是一般不要小于 10mm，常用的数值为 12~15mm。

分析图 4-136 所示的等温曲线可知，当各个冷却水道至模腔表壁的距离相等时，环状等温曲线的圆心位于同一水平位置。很显然，在其他情况均不发生变化时，如果使各个冷却水道至模腔表壁的距离不相等，那么各个水道周围的等温曲线的圆心位置必然不能保持在同一水平位置，于是模腔表壁的温度分布也就趋于不均匀。因此，在设计冷却水道时，对于壁厚相等的制品或壁厚相等的制品部位，冷却水道至模腔表壁的距离最好相等（见图 4-137）。但是也要注意，在不等厚的制品部位，为了加强对厚壁部分的冷却，冷却水道至模腔表壁的距离也可以比薄壁部分小些（见图 4-138）。

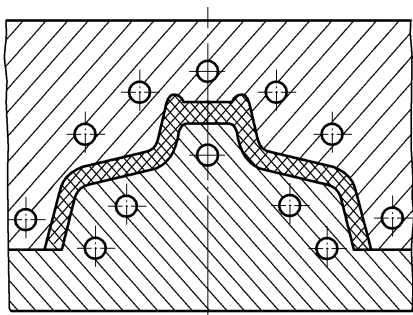


图 4-137 冷却水道至模腔表壁的距离相等

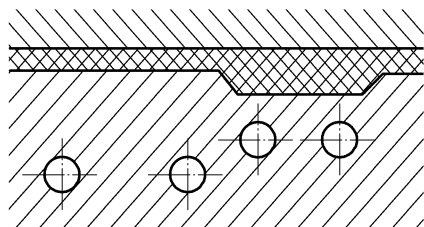
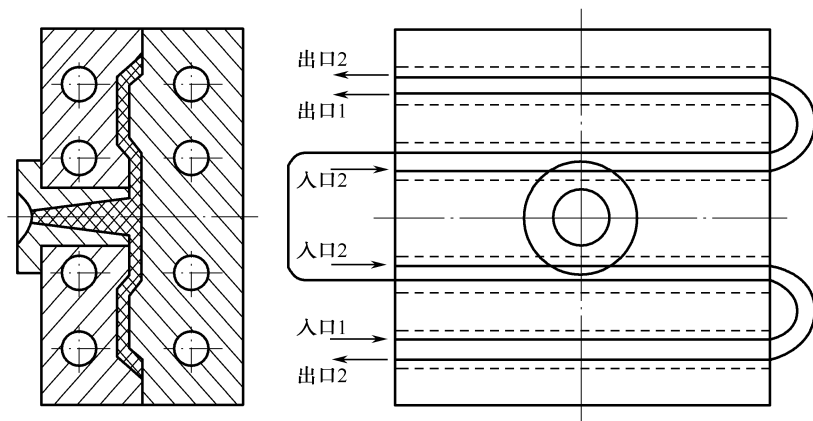


图 4-138 冷却水道至模腔表壁的距离不相等

3. 冷却水道的入口应靠近浇口部位

塑料熔体充模时，浇口附近温度最高，远离浇口的模腔表壁温度较低，因此要在浇口附

近对模具加强冷却。具体方法为：将冷却水道的入口设置在靠近浇口部位，这样可使浇口附近的模具部分在较低水温下冷却，而远离浇口的模具部分，将会在经过一定程度热交换后的温水作用下冷却。图 4-139~图 4-142 所示为直接浇口、双模腔侧浇口、平缝式浇口和多浇口模具的冷却水道布排示例，可供设计时参考。



1—动模部分冷却水道的出、入口；2—定模部分冷却水道的出、入口

图 4-139 直接浇口冷却水道

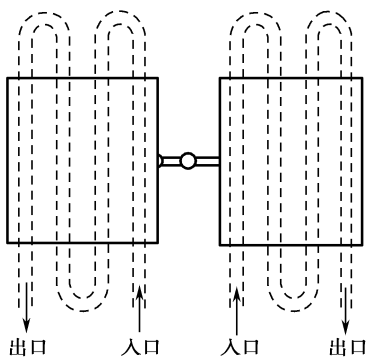


图 4-140 双模腔侧浇口冷却水道

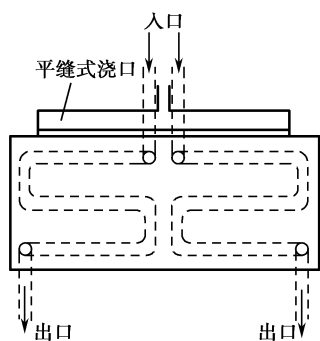


图 4-141 平缝式浇口冷却水道

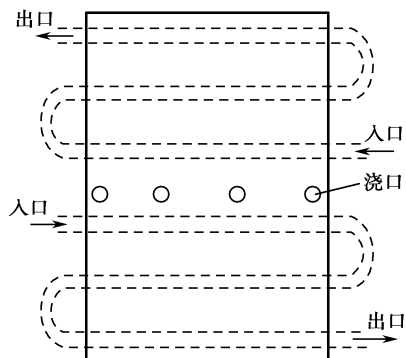


图 4-142 多浇口冷却水道

4. 冷却水道的出、入口温差应尽量小

如果冷却水道的总长度较大,水流在出、入口的温差也会比较大,容易使模具温度分布不均,制品在冷却定型过程中各处的收缩会产生较大差异,脱模后容易发生翘曲变形。因此,设计冷却水道时,应尽量想办法减小其出、入口处的水流温差,以改善模温分布的均匀情况。例如,在图 4-143 中,模腔纵向尺寸比横向尺寸大得多,若按图 4-143 (a) 所示设计冷却水道,则其总长度比图 4-143 (b) 所示的冷却水道总长度要大,所以出、入口的水流温差也比较大,不利于制品冷却温度均匀化。如改用图 4-143 (b) 所示的水道形式,情况将会有所改善。另外,如果将复式的串联水道改变成并联水道,也可以减小水道出、入口处的水流温差。作为减小出、入口水流温差和促使制品均匀冷却的措施之一,也可以在模具中塑料熔体流动的末端处,把冷却水道布排得稀疏一些。

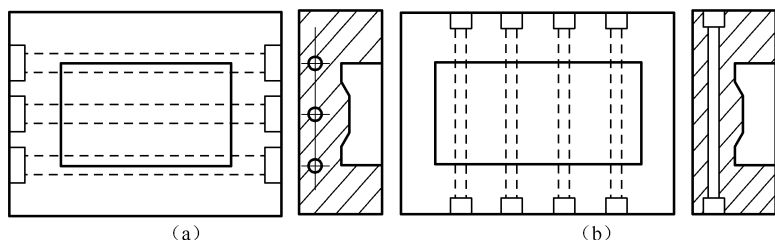


图 4-143 减小冷却水道出、入口处的水流温差

5. 冷却水道应沿着塑料收缩的方向设置

对于收缩率较大的塑料(如聚乙烯),冷却水道应尽量沿着塑料收缩的方向设置。如图 4-144 所示是方形制品采用中心浇口时的冷却水道(水道为矩形截面的水槽),制品收缩方向与其外轮廓边缘垂直,所以,冷却水道从浇口处开始,以方环状向外扩展。

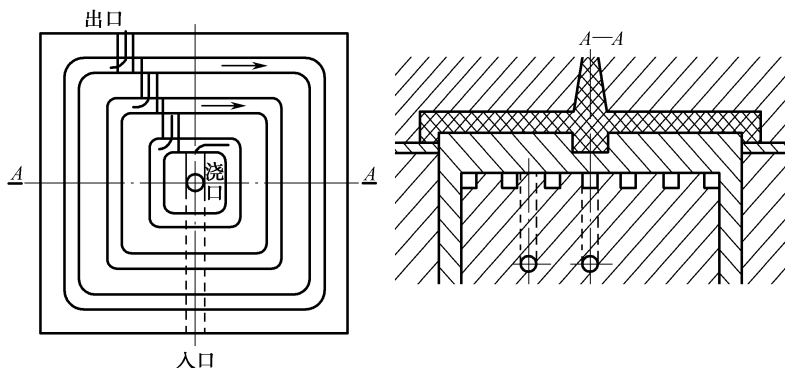


图 4-144 方形制品采用中心浇口时的冷却水道

6. 冷却水道的布排应尽可能与制品形状保持一致

注射制品的几何形状多种多样,在模具中设置冷却水道时,需要对各段水道进行布排。为了保证模温分布均匀,冷却水道的布排应尽可能与制品形状保持一致。对于成型深度很小的扁平薄壁制品,在使用侧浇口的情况下,可将圆截面水道按照与模腔表壁等距离的原则布排成循环回路形式,如图 4-145 所示。对于采用侧浇口并具有中等深度的制品,可在其底部附近的凹模中,用圆截面水道按照与模腔表壁等距离的原则布排成冷却水道;而在成型制品

内形的凸模中,因为容易存热量,所以从加强冷却的角度出发,可按照制品的形状采用矩形截面的水槽布排成冷却水道,如图 4-146 所示。其中,水槽深度需要根据制品深度确定。对于成型深度较大的制品,最困难的工作是如何根据凸模的形状布排冷却水道。对于深度不十分大的制品,可类比图 4-147 所示的方法在凸模上开设冷却水道,即首先根据凸模形状在其内部开设数对斜向盲孔,每对盲孔相互连通,然后用螺塞把它们的口部密封起来,同时从横向两侧开设直孔与斜孔相通,从而构成数对具有出、入口,且与凸模形状大致相似的冷却水道,采用一定的方法将这些水道连通起来,便可构成循环回路形式。但是,对于成型深度很大的大型制品,问题就变得比较复杂,不能像图 4-147 所示那样简单处理。例如,在图 4-148 中,冷却水道在凹模一边从浇口附近进水,水流沿着矩形截面水槽(底部)和圆形截面水道(侧部)围绕模腔循环一周之后,从分型面附近的出口排出;而在凸模部分,为了使水道形状与凸模形状接近,可在凸模内按照方形环线的形式开设一定数量的盲孔,并将每个盲孔用隔板分成底部相通的两部分,然后在凸模底部加工出方形回旋水槽与各个盲孔孔口连通(如图中 A—A 截面所示),从而形成一个与凸模形状相近的冷却水道。又如图 4-149 所示是为了更好地调节凸模温度而设计的一种螺旋式冷却水道,冷却水入口开在凸模中心,水流进入凸模后首先对浇口附近进行冷却,然后沿着凸模轮廓螺旋形循环一周后从凸模底部(分型面下部)排出,凹模中的冷却水道也按这种方法设计,此方法适用于成型深度特别大的制品。

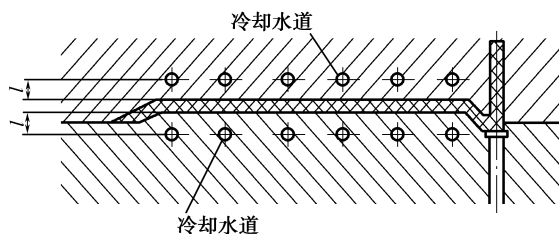


图 4-145 成型深度很小的扁平薄壁制品的冷却水道

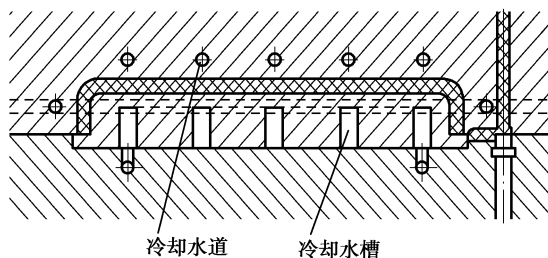


图 4-146 中等深度制品的冷却水道

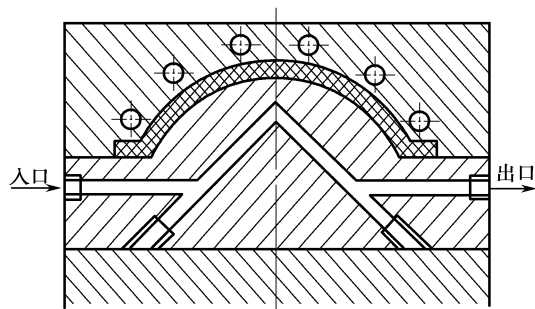


图 4-147 小型深度较大的制品的冷却水道

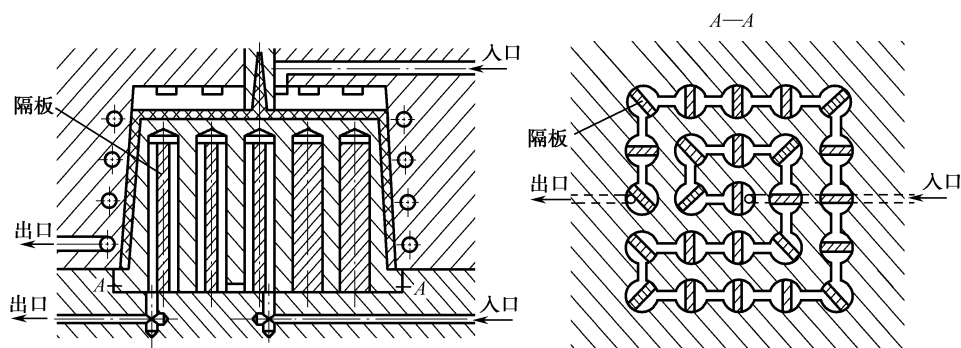


图 4-148 大型深度较大制品的冷却水道

7. 细长型凸模可采用喷射式水道或间接冷却法

对于细长的空心制品，必须使用细长凸模，一般来讲，在这类凸模中开设循环冷却水道比较困难，为了冷却凸模，可采用喷射式水道或间接冷却法。

喷射式水道如图 4-150 所示，这种水道的特点是：凸模中部开有一个盲孔，盲孔中插有一根冷却水管，冷却水经管子喷射在盲孔底部后，溅入到盲孔和水管的间隙中倒流并从出口处排出，从而使水流对凸模发挥冷却作用。

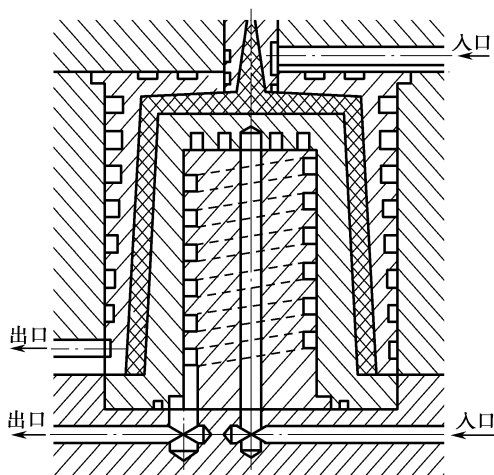


图 4-149 深度特别大制品的冷却水道

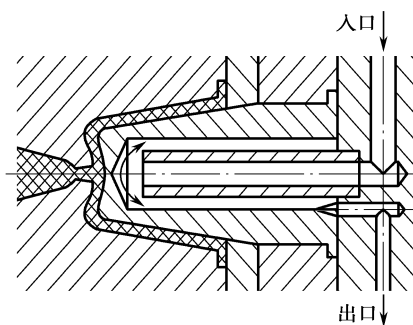


图 4-150 细长型凸模采用喷射式水道

间接冷却法如图 4-151 所示，其特点是：用传热性良好的铍铜制造凸模，然后利用喷水管冷却凸模尾端，并通过铍铜的高传热率向水流中散发塑料传给凸模的热量。采用间接冷却法时，如果制品厚度较大，可将铍铜凸模加工成嵌套式，由内外两件组成，内部嵌入的一件尾端带有翅片，如图 4-151 (b) 所示。这样做可以扩大铍铜凸模的散热面积，提高水流的冷却效果。

8. 其他注意事项

根据传热学理论，冷却水在紊流状态下的冷却效果比层流时高 10~20 倍，因此，冷却水道的截面尺寸应能保证水流呈紊流状态。

冷却水道应避免接近制品容易出现熔接痕的部位，以防止熔接不牢降低制品强度。

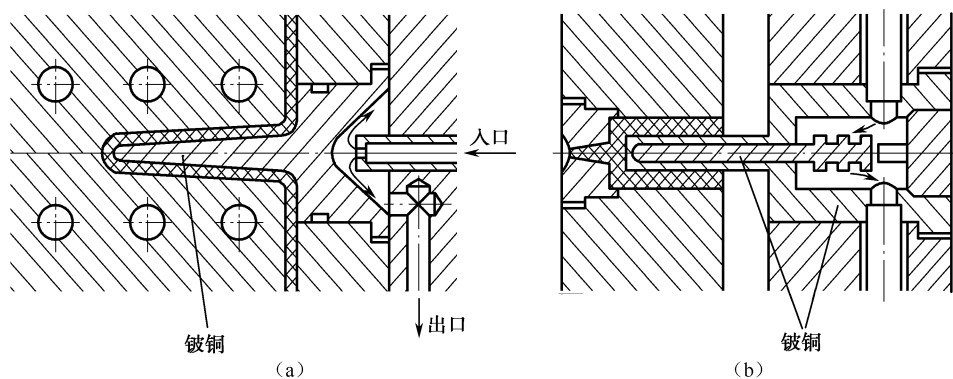


图 4-151 间接冷却法

冷却水流不能穿过镶拼模块的接缝，否则将会产生漏水现象。

冷却水道中不要有死角，以防冷却水回流影响冷却效率。

冷却水道的截面直径一般不要小于 8mm。

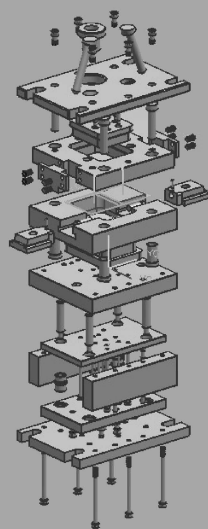
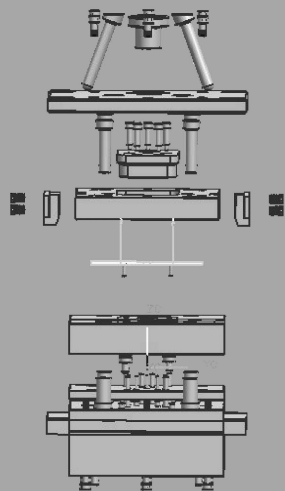
从减小压力损失的观点出发，冷却水道的总长度不要过大，一般不要超过 1 200~1 500mm。

综上所述，设计冷却水道时需要考虑很多问题，这些问题往往又与模具结构和模具尺寸有关。例如，模腔的形状和壁厚、镶拼式成型零部件的拼缝位置以及顶出脱模零部件的布排等，均会影响冷却水道的设计工作。除此之外，设计冷却水道时还要掌握一定的加工技巧，只有妥善地解决了这一系列问题，才有可能设计出合理有效的冷却水道。

第5章

其他塑料模具设计难点与技巧

- 挤出成型模具设计技巧
- 包装用聚苯乙烯泡沫塑料发泡成型模
- 低发泡注射成型用模具的设计
- 中空吹塑模设计
- 热流道注射模设计



5.1 挤出成型模具设计技巧

挤出成型广泛应用于生产管材、棒材、各种截面的型材、中空塑件以及单丝、电缆包层薄膜、纸和金属涂层等的成型加工。它主要用于加工热塑性塑料，也可加工部分不含石棉、矿物质、碎布等填料的热固性塑料，如酚醛、尿醛等。

5.1.1 挤出机机头的结构设计

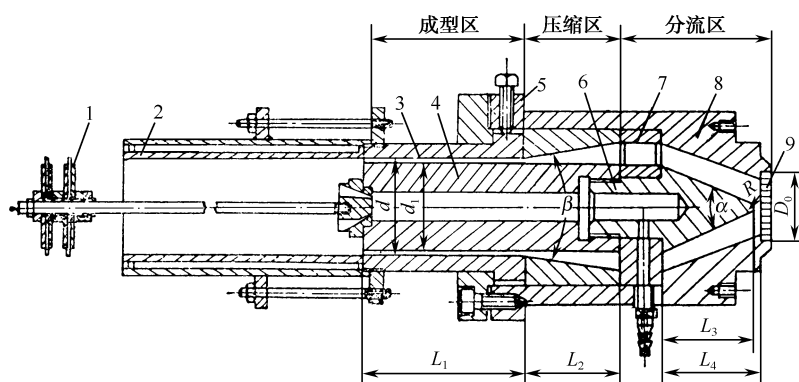
1. 机头的作用

- (1) 使塑料由螺旋运动变成直线运动。
- (2) 增加成型压力，提高料温，使塑料经过机头后进一步塑化。
- (3) 成型出需要的各种断面的塑件。

2. 机头的组成

以管材机头为例，见图 5-1。

- (1) 机头体：用来组装机头各零件并与挤出机相连接。
- (2) 过滤板（多孔板）：用于改变料流方向和速度，并起造成一定压力的作用。
- (3) 分流器支架：用于支承分流器及心轴。
- (4) 分流器：使塑料变薄，便于均匀受热，进一步塑化。
- (5) 调节螺钉：用于调节口模与心棒之间的间隙，使产品壁厚均匀。
- (6) 心棒：是成型管材内表面的零件。
- (7) 口模：是成型管材外表面的零件，塑料通过口模便能得到一定截面形状和尺寸的塑件。
- (8) 定径套：使塑件通过定径套，获得更为精确的尺寸和几何形状以及较好的表面质量。
- (9) 堵塞：防止压缩空气泄漏，保持管内具有一定的压力。



1—堵塞；2—定径套；3—口模；4—心棒；5—调节螺钉；6—分流器；7—分流器支架；8—机头；9—过滤板（栅板）

图 5-1 管材机头

3. 设计要点

- (1) 应保证机头内有一定的压缩区，使料流截面逐渐变化，对熔融塑料产生剪切作用，

提高料温,达到进一步塑化的目的。机头截面积变化不宜过急,尽量避免有死角、凹槽等形状,以免引起滞料分解。机头内腔应呈流线型,流道表面应十分光滑。

(2)为使塑件密实和消除因分流器支架所造成的结合缝,根据不同的塑件种类,机头内应有足够的压缩比。所谓压缩比是指分流器支架出口处的截面积与口模、心轴之间所形成的环隙面积之比。一般压缩比取3~6。

(3)要保证塑件有正确的截面形状。机头成型部分的设计要保证物料被挤出后具有规定的截面形状。由于塑料的物理性能、压力以及温度因素的影响,机头成型部分的截面形状并非塑件的相应截面形状,但由于塑件的截面形状的变化与成型时间有关,因此有效的方法是控制必要的成型长度。

(4)机头设计结构应紧凑。与机筒连接处要严密,并易于拆卸,其形状应尽量做得规则而对称,使传热均匀、装卸方便和不漏料。

(5)选材要合理。由于机头磨损较大,且有的塑料有较强的腐蚀性,所以机头的材料应选择耐磨,经热处理可以获得较高硬度的碳钢或合金钢,必要时应镀铬,以提高其耐磨性和耐腐蚀性。

5.1.2 各种机头设计

1. 管材机头(见图5-1)

(1)定型:因口模处的温度较高,所以离开口模后的塑件温度仍很高,需给予冷却和定型,以获得正确的尺寸和形状。

(2)牵引:塑料挤出后经过定型器冷却定型,最后由牵引装置以适当的速度,将塑件牵送到锯割工序去。牵引对调节塑件的尺寸有很大关系。牵引速度必须与挤出速度相适应,才能保证均匀地引出塑件,并保证质量符合要求。对于拉深比大的塑料管材,改变其牵引速度就可改变规格。所谓拉深比,即为口模内孔与心棒截面积和管材截面积之比。

(3)管材机头的尺寸确定。

2. 吹塑薄膜机头

塑料薄膜可以用压延、流延、拉深、吹塑以及狭缝(扁平)机头直接挤出的方法生产。其中吹塑法最经济,而且物理力学性能好。从加工的原料来看,吹塑法可加工软质和硬质聚氯乙烯,高密度和低密度的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、尼龙等多种塑料薄膜。

3. 扁平机头

扁平机头的特点是具有宽而薄的出料口,适用于挤出薄膜。常用的扁平机头有两种形式。

4. 机头的设计步骤

以管材挤出机头为例,其设计步骤如下。

(1)根据所需生产率来选择挤出机。

(2)计算口模内径与心轴外径尺寸。

(3)确定过滤板出口直径 D_0 。其直径基本与挤出机机筒出口处直径一致。

(4)确定分流器支架通道截面积,它取决于口模与心轴间所形成的环槽面积,但口模与心轴间的环形面积和分流器支架通道截面积之比不得小于2。

(5)按图5-1所示确定机头内其他各参数,如 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 α 、 β 、 R 等尺寸。

(6)机头结构的具体设计。

- (7) 冷却定型套的设计与计算。
- (8) 合理确定定型长度 L_1 。
- (9) 分流器与过滤板之间的距离应适当, 一般取 10~20mm, 小于螺杆直径的十分之一。分流器圆锥尖角 R 不宜过大, 一般 $R=0.5\sim 2\text{mm}$ 。
- (10) 分流器支架的支撑肋数目尽量少, 一般为 3~4 根, 其宽度和长度也应尽量小, 并做成流线型。

5.2 包装用聚苯乙烯泡沫塑料发泡成型模

5.2.1 成型方法和成型设备

1. 成型方法

发泡聚苯乙烯的成型方法有以下两种。

(1) 一次成型法: 将发泡的聚苯乙烯颗粒直接充填入模具内, 经加热膨胀后冷却成型。该方法只能得到 20~25 倍的发泡体塑件。

(2) 两次成型法: 将发泡聚苯乙烯颗粒放在预发泡装置内加热, 先使其膨胀, 然后取出填入模具内, 再加热膨胀, 冷却后成型。此法能得到 50~80 倍的发泡体塑件。

2. 发泡成型所用的设备

- (1) 一次成型所用的设备有箱式发泡机及台式发泡机。
- (2) 预发泡设备有箱式发泡机、圆筒式发泡机及连续发泡机。
- (3) 两次成型所用的发泡设备有台式发泡机, 适用于小批量生产; 有自动和半自动发泡机, 适用于大批量生产; 还有适用于制造板材的建筑用的保温材料的设备。

5.2.2 聚苯乙烯发泡塑件的成型设计要点

- (1) 塑件壁厚应尽量均匀, 否则易产生熔合不良现象, 使壁厚突变。
- (2) 要保证成型塑件的边缘有足够的强度和厚度。
- (3) 塑件不应有锐角, 应有半径为 3~12mm 的圆角过渡, 以增加塑件的熔合及密实性。
- (4) 避免在开模方向的侧面有凹坑的几何形状, 以免造成模具结构复杂化 (这种几何形状要设置特殊侧向抽芯)。
- (5) 塑件上要设有脱模斜度 2° , 使之易脱模。
- (6) 浇口应开设在隐蔽处。

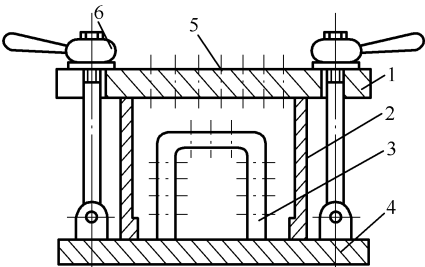
5.2.3 模具结构设计

1. 简易手工操作模具

它本身无蒸气室, 放在箱式发泡设备内加热, 在箱外冷却。如图 5-2 所示, 模具在型芯上和上盖板的中央都有通气孔通入型腔内, 使颗粒受热膨胀熔合成型。

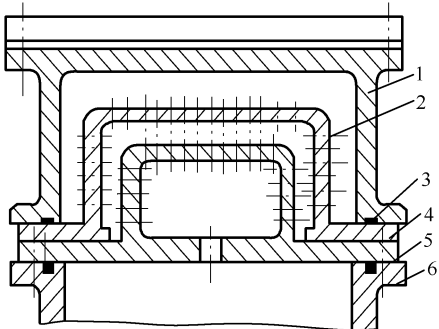
2. 通用蒸气室模具

它在台式成型机上装有特定的通用蒸气室, 分别加热型腔和型芯, 如图 5-3 所示。



1—盖板；2—围框；3—型芯；
4—底板；5—通气孔；6—紧固件

图 5-2 简易手工操作模具



1—上气室；2—气孔；3—密封垫；
4—凹模；5—凸模；6—下气室

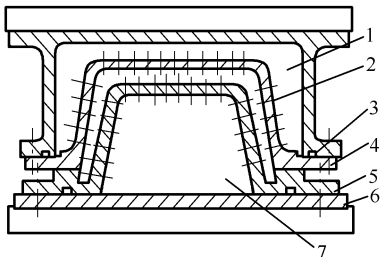
图 5-3 通用蒸气室模具

3. 匣式蒸气室模具

它本身带有蒸气室。上模由上气室 1 和凹模 4 组成；下模由模板 6、凸模 5 及下气室 7 组成，在凹模和凸模的成型部位上开气孔 2，如图 5-4 所示。

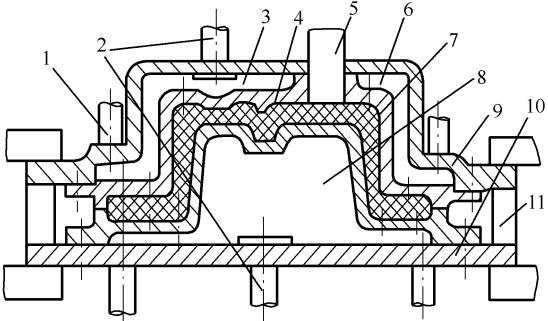
4. 仿形蒸气室模具

将蒸气室做成与塑件形状相一致的形状，使蒸气在利用率和均匀冷却方面都比前几种合理，但模具的形状复杂，制造成本高。图 5-5 所示为固定式仿形蒸气室模具，用于卧式成型机。凹模 4 与凸模 7 均为薄壳体，导热性好。蒸气室由凹模 4 和壳体 9 之间的空间及凸模 7 的内表面和底板 10 之间的空腔组成。因凹模和凸模都是薄壳体，所以机床的合模压力由承压块 11 承受。



1—上气室；2—气孔；3—密封垫；4—凹模；
5—凸模；6—模板；7—下气室

图 5-4 匣式蒸气室模具



1—排气道；2—进气道；3,6—上气室；4—凹模；5—进斜口；
7—凸模；8—下气室；9—壳体；10—底板；11—承压块

图 5-5 固定式仿形蒸气室模具

5.2.4 模具各部分的设计

1. 设计要点

- (1) 模具型腔是薄壳结构，由壁厚约为 10mm 的铝合金铸件制成。型腔壳体的壁厚在满足强度要求的前提下应尽量薄，且要求均匀，以便有利于传热。
- (2) 因为型腔壳体外部是蒸气室，所以应注意密封防漏，结构要严密。通常用耐热橡胶做密封圈。
- (3) 蒸气喷口的位置应使塑料颗粒受热和膨胀均匀，并能较好地熔合。

- (4) 要注意冷却水的通入和排出, 在空腔(蒸气室)内不得积水。
- (5) 根据产量和塑件的要求, 合理地选择模具的材料及其结构形式。

2. 蒸气室的设计

(1) 蒸气的入口大小: 一般可按型腔壳体的表面积估算。约每 $300 \sim 400 \text{cm}^2$ 可用一根 $\phi 2 \text{mm}$ 的蒸气管进气。

由蒸气口进入的蒸气不能直接喷向型腔壳体, 可采用挡块结构。这种结构也适用于冷水入口, 以便均匀冷却。

(2) 排气口的位置: 设在蒸气通路的最末端和模具安装位置的最低点。出口孔直径应大于入口孔直径, 以保证蒸气室不积水。

(3) 蒸气喷口孔大小: 一般孔的直径为 1mm 左右。对仿形蒸气室模具可减少孔的数量。

(4) 蒸气孔的开设位置: 应不影响塑件的外观和不妨碍塑件的使用部位, 在型腔转角和易积水的地方开设蒸气孔最为合适。

(5) 如在型芯和型腔上都需开设喷气孔, 则将其位置相互错开。

(6) 蒸气室的密封: 采用耐热的橡胶密封圈, 其他常用蒸气密封垫。

3. 脱模方式

(1) 一般小批量生产的塑件, 可采用手工和压缩空气脱模。即把压缩空气通入蒸气室内将塑料脱出。

(2) 当模具固定在成型机上时, 可采用机械顶出式脱模。

5.3 低发泡注射成型用模具的设计

低发泡是发泡倍数较低(一般在 2 倍以下), 且外层不发泡, 仅中心发泡的成型方法。低发泡成型法有注射成型、注塑成型、吹塑成型等, 可用于热塑性塑料, 也可用于部分热固性塑料成型、浇注成型等。

5.3.1 低发泡注射成型的特点

在塑料中添加了发泡剂, 将这种塑料的熔融体注入型腔, 则接触冷模表层的塑料立即硬化, 其内部的塑料发泡, 放出气体, 就形成了微细泡沫状小孔的低发泡塑料。

注射压力小, 所以模具的机械强度要求不高, 故可用铝合金、锌合金等易加工的金属制造。

严格控制每次的注射量, 否则将影响型腔内的塑料顺利发泡。为此要求注射机的喷嘴要有防止熔料倒流的装置。

设有专用的排气槽。因其注射压力低, 故只利用顶杆或分型面的间隙排气是不够的, 为保证排出多余的气体, 必须有专设的排气槽。

严格地控制模具温度。因发泡后的塑料导热性差, 模具内需要较长的冷却固化时间, 为了使塑料冷却均匀, 缩短成型周期, 必须严格地控制模温。

5.3.2 模具结构设计

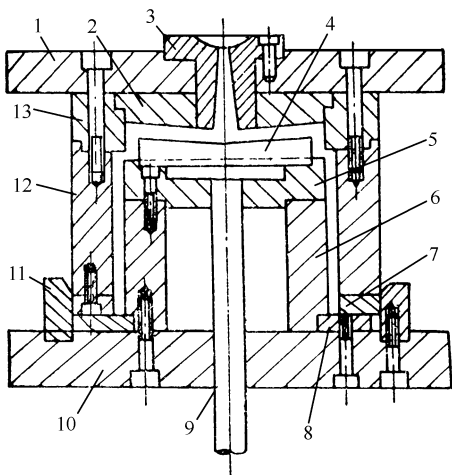
1. 模具的总体结构形式

低发泡塑料注射模和普通注射模在总体结构上基本相似。但从成型方法来看, 模具的结

构随着成型方法的不同而有所区别。这类模具材料常选用铝合金和锌合金及易加工的材料。也可以用板材经加工后组合的方式。

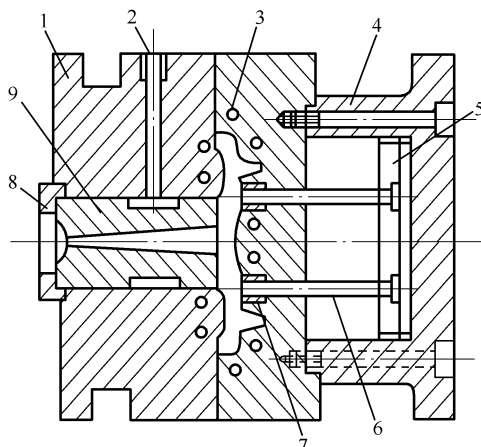
(1) 用板材加工后组合的低发泡塑料注射模如图 5-6 所示。动模和定模都是用铝板拼合而成的。拼块的组合要求严密,要有互锁面,为防止与冷却水道互相干涉或造成漏水,尽量少用销子。因铝板较薄,可不用导柱定位,而采用定位块定位(见图 5-6 中的 11),其材料仍为钢材。

(2) 用整料制作的低发泡注射模如图 5-7 所示,它是用整块铝材经机械加工制成的模具。从经济角度看,整块铝材制作的模具,只限于成型小型塑件,该模具中的浇口套也是铝制材料,为了增加强度,可加一个钢材制作的定位圈,同样,顶杆及顶出孔套也用钢材制作。



1—定模板; 2,12,13—组合型腔; 3—浇口套; 4—型芯;
5,6—组合凸模; 7,11—定位块; 8—垫板; 9—顶杆; 10—下模板

图 5-6 低发泡塑料注射模



1—定模; 2—水道; 3—水孔; 4—支架; 5—顶板;
6—顶杆; 7—导套; 8—定位圈; 9—浇口套

图 5-7 用整料制作的低发泡注射模

2. 模具设计要点

设计低发泡注射模可参考普通注射模。现对不同之处说明如下。

1) 分型面的形式

当采用不完全注入法成型时,其动模不需移动的模具,其分型面和普通注射模相同,如图 5-8 (a) 所示。而用完全注入法成型时,动模需移动一段距离,使芯层发泡,为了防止溢料,动模和定模分型面之间需增加一段配合部分,如图 5-8 (b) 所示的 A 段。

2) 浇注系统

主流道的形状尺寸与普通注射模相同,但由于发泡塑料的冷却速度较慢,所以当主流道较长时,应在主流道衬套外部通水冷却,见图 5-9。

常用的分流道截面形状有圆形、梯形等。以圆形为好(比表面积小),这样可以防止冷却过快。进行低发泡成型时,应尽量使熔融料在流入型腔前不产生气泡,为此分流道宜短不宜长,其截面尺寸也要稍大于普通注射模的分流道尺寸。对于圆形分流道,当用于大型塑件时,其直径以 6~10mm 为宜,小型塑件采用 4~6mm。

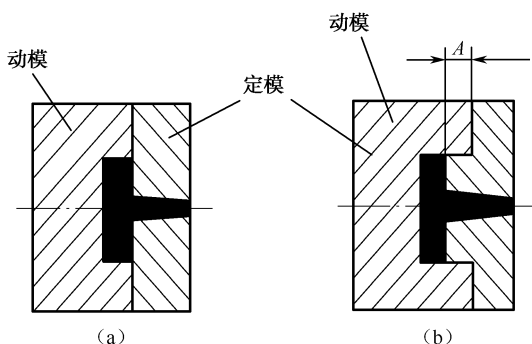


图 5-8 分型面的形式

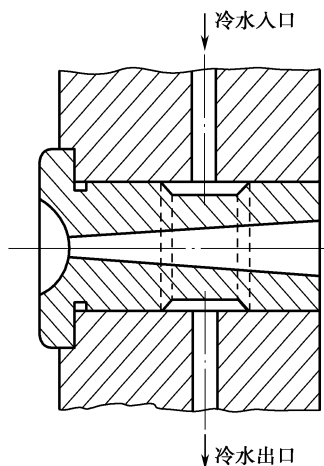


图 5-9 主流道衬套通水冷却

浇口尺寸要比普通注射模大。大型塑件浇口的宽度可取 6~12mm，小型塑件可取 3~6mm。浇口的宽度与厚度之比应小于 20，大型塑件可增加浇口数目，浇口的位置应不影响塑件的外观且不产生熔接问题。特别是外表有木纹要求的塑件，浇口的位置不同会影响塑件的纹理方向。浇口位置的选择参看图 5-10。

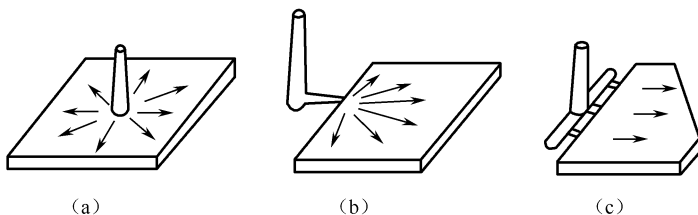


图 5-10 浇口位置的选择

3) 排气槽

由于低发泡注射压力较低（特别是不完全注射法成型时），排气能力不强，另外塑料发泡时有 50% 的气体是多余的，模腔中排气量要比普通注射模多 8~10 倍。为此应重视低发泡成型的排气问题，只靠顶杆间隙及分型面排气还不够，须另设排气槽。

通常排气槽设置在分型面上，深 0.1~0.2mm，宽 10~20mm。也可开设在料流的末端以及两股料流的熔接处。

当型腔的排气位置处在底部时，可在其底部镶嵌排气栅，如图 5-11 所示。栅上开有许多宽为 0.15~0.3mm 的狭缝，栅的厚度为 6~10mm。排气栅可用电加工方法制成。

4) 顶出结构

基本上与普通注射模相同，但由于低发泡塑件强度低，可以顶出面积应尽量大，以减小单位面积上的顶出力。若采用推杆顶出，其直径应比普通注射模大 20%~30%。对于大型环状塑件，同样可用压缩空气推出。

5) 脱模斜度

低发泡塑件强度低，收缩率小，其脱模斜度可与普通注射模一样选取。

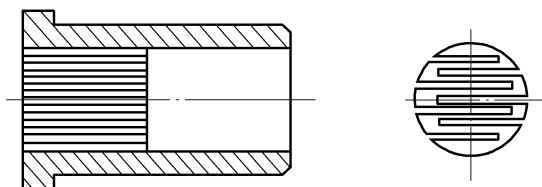


图 5-11 排气栅

6) 冷却装置

低发泡塑件的导热性能低,所以在模腔内的冷却时间长,使生产率降低。另外,由于冷却不均,还可能导致发泡不均等缺陷,为此要重视冷却问题。

低发泡注射模的冷却方式和冷却系统的结构形状与普通注射模一样。但要提高冷却效率,即要选用冷却效果最好的方案。对不同塑料,模具的温度要求也不同。如聚烯烃类塑件的外观与模温的关系较小,所以将模温控制在 40°C 左右即可;而聚苯乙烯、AB 类(丙烯腈、丁二烯类)塑件的外观受模温的影响较大,应将模温控制在 $35\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。

对于同一模腔面积,由于冷却水道的不同,其温度梯度也不同。当型腔内的成型厚度不同时,冷却水道的位置也应不同。壁厚处冷却水通路间隙应小些,而距型腔表面应近些。冷却水道的设置可参考第 4 章的有关内容。

3. 模具材料

由于低发泡注射成型具有注射压力低及冷却时间长的特点,故对制作模具的材料机械强度要求不高,但导热性要好。常用的材料有铜、软钢、镍铬钢、铍青铜、锌合金、铝合金、环氧树脂及铝粉混合等。

5.4 中空吹塑模设计

中空吹塑成型主要用于成型热塑性塑料的中空塑件,设计这类模具应特别注意塑料收缩率和冷却问题。中空成型主要是把熔融状态的塑料型坯置于模具中,然后闭合模具,通入压缩空气,对型坯进行吹胀,冷却后便得到一定形状的中空塑件。

5.4.1 模具结构选择

1. 中空吹塑成型过程与模具

这类模具由动模、定模、冷却装置、切口部分和导向部分组成。模具夹坯口的型腔基本上是对称的两块半模按分型面进行开合。

其成型工艺过程是:挤出机先将塑料经机头挤出形成管状型坯,如图 5-12 所示,然后将处于热塑状态的型坯置于吹塑模中夹紧,两端从型腔露出,再通过气嘴向型腔中的型坯内通入压缩空气,使型坯吹胀,紧贴于型腔上,经保压、冷却、定型后开模取出塑件,最后应清除余料和飞边。

2. 注射拉延中空吹塑成型过程与模具

将注射拉延工艺和吹塑成型工艺相结合,即为注射拉延中空吹塑工艺。

其成型工艺过程是:先将熔融的塑料注射到模腔内,然后急速冷却,成型出透明的杯状型坯;注射成型制成的型坯螺纹部分,随着转盘移到加热位置,重新被加热至热塑状态。而后转盘将加热后的型坯转移到拉延吹塑工位,用拉延心棒将型坯长度拉延至工位附近,并从

心棒的周围吹入压缩空气，使型坯吹胀成型，再将经拉延吹塑成型后的塑件送到下一工位，将螺纹部分的拼合模分开，取出塑件。

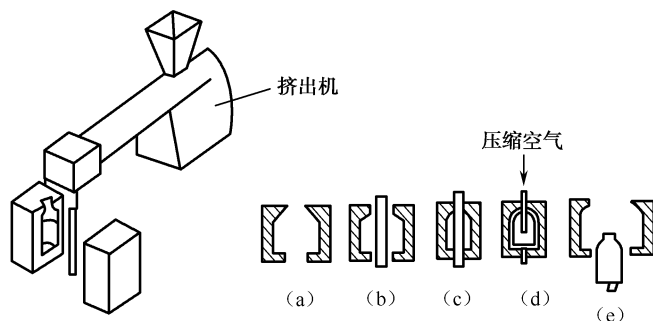
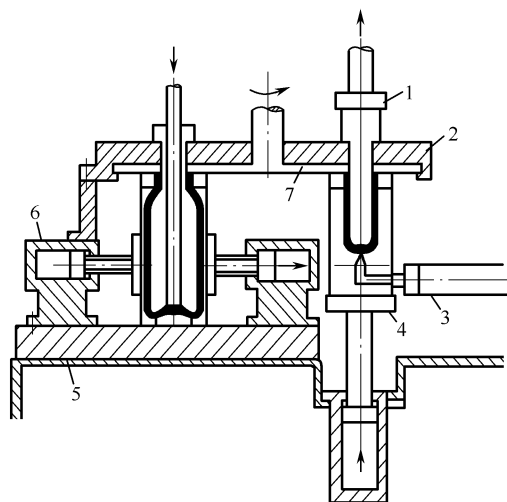


图 5-12 中空吹塑成型过程

这种成型过程实际是采用专用注射、拉延、吹塑成型组合机，模具分布在四个工位上，由转盘输送坯件，相继在各个工位上连续成型，如图 5-13 所示。由图中只看到第一工位（注射成型）和第三工位（拉延、吹塑）的工作情况。



1—可动型芯；2—上模固定板；3—注射装置；4—可动下模板；5—下模固定板；6—油缸；7—转盘

图 5-13 注射、拉延、吹塑成型组合机

采用该成型方法所得到的塑件壁厚均匀，塑件无拼缝，有底无飞边，塑件的强度和透明度均比挤出中空成型的制件好。但该成型过程较复杂，所需要的设备工艺装备较多，故只适用于中小型塑件的大批量生产。

5.4.2 模具设计

1) 模具的整体结构

模具的整体结构见图 5-13。

2) 模口与吹胀比的确定

吹胀比 B_R ：吹胀比可按下式确定。

$$B_R = \text{制品的最大直径} / \text{型坯直径}$$

吹胀比选好后, 则根据塑件的最大径向尺寸来确定型坯模口的尺寸, 有

$$W = \tau B_R \alpha$$

式中 W ——口模与心棒的单边间隙宽度;

τ ——塑件壁厚;

B_R ——吹胀比, 一般取 2~14;

α ——修正系数, 一般取 1~1.5。

3) 夹坯口与余料槽

夹坯口的主要作用是切除多余坯料, 同时使管状型坯的两端封闭以便吹胀成型。夹坯口的斜角一般为 $15^\circ \sim 30^\circ$, 其刃口宽度为 0.5~4mm。余料槽供储存被夹坯口切除的余料之用, 所以其容积不能小于余料的体积。

4) 收缩率

容器类的塑件成型尺寸要求不高, 所以成型收缩率对其影响不大。但对于有刻度定容量的塑件和瓶口的螺纹而言, 收缩率则对其有很大影响, 容积越大, 影响越明显。

5) 冷却

中空吹塑成型过程中, 模具温度一般要求控制在 $20 \sim 50^\circ\text{C}$, 为此要在模具上开设冷却水道。与注射模的冷却方法类似, 在壁厚大的地方要加强冷却措施。

6) 排气

中空吹塑成型, 在压缩空气吹胀成型时, 其压力还小于注射成型时的注射压力, 所以要特别注意型腔内的排气问题, 否则将影响塑件的质量。一般情况下可利用分型面排气。

5.5 热流道注射模设计

绝热流道注射模需要尽量减少流道内塑料向模具散热, 而热流道模具则需要在流道内或者在流道附近设置加热器, 强迫注射机喷嘴到浇口之间的浇注系统始终处于高温, 从而促使浇注系统内的塑料在整个生产过程中一直保持熔融状态, 并能连续不断地注入模腔。热流道注射模的优点除了制品不带浇注系统凝料之外, 也不必像绝热流道注射模那样在使用前或使用后必须清除分流道中固化的凝料, 即每次开车生产前只要把浇注系统加热到规定温度, 分流道中的残料就会熔融, 然后对空注射出去即可。另外, 在多模腔热流道注射模中, 分流道内的压力传递性比较好, 可以适当降低注射温度和注射压力, 从而减小了塑料产生热降解和制品产生残余应力的可能性, 所以热流道模具比绝热流道模具的应用范围大。

最简单的热流道注射模由延伸式喷嘴构成, 主要适用于单腔模具结构, 而在多模腔的热流道模具中, 通常都必须设置一个热流道板或在浇注系统的通道内设置加热器, 以便对流道或整个浇注系统加热。热流道注射模的结构形式很多, 但一般都可分为单模腔和多模腔两大类型, 继续细分又有外加热、内加热、热管加热和阀式浇口等不同形式, 下面分别介绍一些典型示例。

5.5.1 单模腔热流道注射模

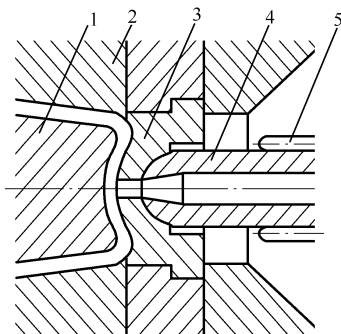
1. 延伸喷嘴

延伸喷嘴是一种最简单的热流道, 它是将普通喷嘴加长以后能与模具上的浇口部位直接接触的一种特别喷嘴, 它自身也可安装加热器, 以便补偿喷嘴延长之后的散热量, 或在特殊要求下使其温度高于机筒温度。按照严格定义, 只有使用延伸喷嘴的模具才是真正不

设流道的注射模，而其他无流道注射模只是不产生流道凝料赘物而已。由于延伸喷嘴与注射机机筒相连且能自身加热，所以它不像井式喷嘴那样很容易引起浇口冻结固化，因此可以用它成型所有与点浇口相适应的塑料制品，但必须按照具体的制品形状对其进行设计。延伸喷嘴只适于单腔模具结构，每次注射完毕后，可使喷嘴稍稍离开模具，以尽量减少喷嘴向模具传导热量。

对延伸喷嘴加热时，可采用外热式加热圈。由于喷嘴头部热量容易损失，而且生产中又经常要求喷嘴温度稍高于机筒（一般高 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ），所以加热圈应尽量朝向喷孔的始端（喷孔进料口）安装，并以不和注射机相碰为限。另外，由于喷嘴经常与模具的定模部分接触，故其温度有可能受定模温度变化的影响，因此，加热器最好能随定模的温度变化进行调整，而且也不要和机筒的加热器串联，以便另设调压器控制。如果有必要，也可安装热电偶控制喷嘴温度。

图 5-14 所示是一种头部形状固定的通用式延伸喷嘴，它可以固定在注射机上与不同模具配用。为了使模具上的点浇口尽量短小并兼顾点浇口套的强度，这种通用式延伸喷嘴的头部形状以半球形为宜。



1—凸模；2—型腔板；3—点浇口套；4—延伸喷嘴；5—加热圈

图 5-14 通用式延伸喷嘴

图 5-15 所示是四种国外使用的典型延伸喷嘴结构。其中，图 5-15 (a) 所示的喷嘴头部伸进模腔，其端面为模腔表壁的一部分，浇口和流道全在喷嘴内，制品上没有浇口凝料，但对喷嘴位置必须严格控制，否则不能保证制品尺寸，并会在制品上留下凹痕或凸台；图 5-15 (b) 所示的结构是为了防止喷嘴头部端面在模腔表壁中所占比例过大而设计的，这样可避免喷嘴在较大的模腔压力下出现后退和漏料现象，如果喷嘴位置控制不准确，喷嘴仍会在制品上留下凹痕和凸台；图 5-15 (c) 所示的喷嘴和模具之间具有锥面配合，能较好地控制喷嘴位置，但喷嘴的推力直接作用在定模型腔板的锥面上，由于型腔板锥面底部带有尖角，故喷嘴推力很容易使该处变形；图 5-15 (d) 所示的结构是图 5-15 (c) 所示结构的改进型，喷嘴上加了一个台面与模具接触，故能避免图 5-15 (c) 所示结构使型腔板锥面尖角处变形的缺陷。

通常，延伸喷嘴要与模具经常接触，其热量将不断传给模具并使模温逐渐升高，而喷嘴自身温度将会下降。因此，喷嘴末端的浇口在注射时也会因此冻结固化。为了解决这一问题，设计延伸喷嘴时应当注意喷嘴和模具之间的绝热问题。例如，在图 5-15 (c), (d) 中，喷嘴头部锥面上的凹槽就是为了绝热而设计的空气隙。如果这样做仍不能解决绝热问题，则可采用如图 5-16 所示的带绝热层的延伸喷嘴。这种喷嘴的特点是：喷嘴头部与模具之间留有一定面积碗状间隙，注射时塑料熔体在充模之前首先会填充这个间隙，于是喷嘴和模具之间就形

成一个塑料绝热层，从而可以防止二者的温度发生交换。碗状间隙或塑料绝热层的形状和尺寸如图 5-16 (b) 所示，可供设计时参考。在这种喷嘴结构中，还可以在喷嘴与模具之间加设一个聚四氟乙烯垫片，这不仅能强化绝热作用，而且有助于防止注射时漏料。

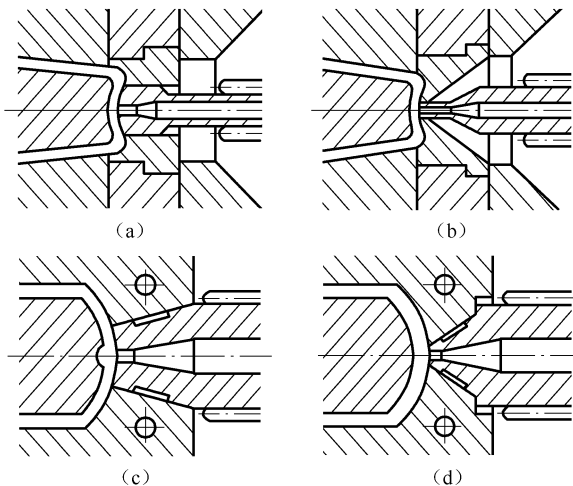


图 5-15 四种典型延伸喷嘴结构

需要指出，延伸喷嘴的结构比较灵活，如果不能使用通用式结构，则可根据具体制品形状、模具结构以及制品的使用要求自行设计。例如，为了避免喷嘴中的深孔加工并节省优质钢材，允许将延伸喷嘴设计成两段组合式结构。另外，延伸喷嘴的最小孔径对制品的成型质量有很大影响，如果太小则塑料熔体不易充模，而太大时又会在制品上留下明显的疤痕或小料把，根据经验 0.8~1.2mm 左右较合适。

2. 点浇口式单模腔热流道注射模

单模腔热流道注射模也可由直接浇口式或点浇口式的热流道构成，如图 5-17 所示便是一个最简单的点浇口式单模腔热流道注射模示例，根据具体情况，浇口直径可取 0.08~2mm。

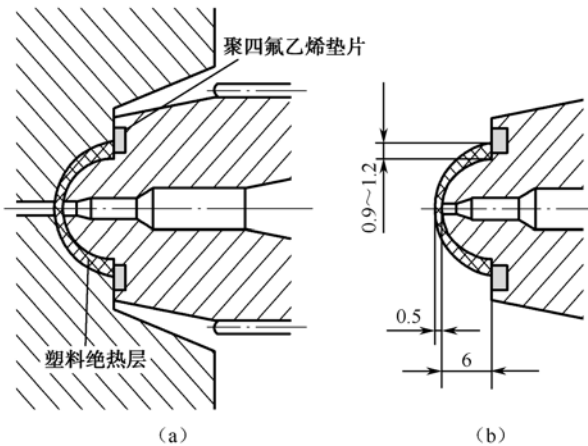


图 5-16 带绝热层的延伸喷嘴

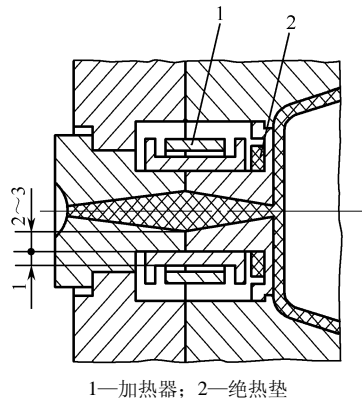


图 5-17 单腔热流道注射模

5.5.2 外加热式多模腔热分流道注射模

这类模具的结构形式很多,但有一个共同的特点,即模内必须设有一块可用加热器加热的热流道板,所有的分流道均开设在这块板子上。在热流道板中,由于加热器设在分流道之外,所以流道加热属于外加热形式。除了这个特点之外,为了便于开设浇口,在这类模具的热分流道和浇口之间,往往还都要设置一个起过渡作用的热流道喷嘴。

热流道板设计有三方面问题,即分流道设计、加热与绝热设计以及流道板材料的选择。

分流道最好采用圆形截面,直径取 5~15mm,分流道内表壁应光滑,转折处要圆滑过渡。分流道端孔需采用比孔径粗的细牙螺纹管塞和铜制密封垫圈(或聚四氟乙烯密封垫圈)堵住,以免塑料熔体泄漏。

热流道板通常安装在定模底板和定模型板之间,可用热电偶及可调变压器控制温度,工作温度为 200~600℃。一般情况下,要求供给热流道板的电功率能使热流道板在 1h 内由常温升到 200℃,其值可用下式计算。

$$P = \frac{m_{hp} C_p (\theta_1 - \theta_0)}{860 \eta t_h}$$

式中 P ——加热器功率(kW);

m_{hp} ——热流道板的质量(kg);

C_p ——热流道板材料的比热容(J/(kg·K));

若用碳钢,则 $C_p = 482 \text{ J/(kg·K)}$;

θ_1 ——热流道板的工作温度(℃);

θ_0 ——室温(℃);

η ——加热器效率,取 0.5~0.7;

t_h ——升温时间(h)。

热流道板所需的加热器功率也可按每千克质量热流道板需 0.1~0.15kW 的加热功率估算。

热流道板中的加热器功率密度(加热器的发热面积与加热器功率的比值)一般应取 0.002~0.003kW/cm²,如果功率密度太高,则加热器使用寿命将比较短。

热流道板应选用比热容小和热传导率高的材料,通常可采用 50 钢、镍铬钢或高强度的铜合金。对于大型制品,最近有资料推荐使用内表面已经加工好的不锈钢管作为分流道,而在其周围用铜铸成热流道板的形状。

为了避免流道热量过多地传给模内其他零件,应使用石棉水泥板或空气间隙将热流道板与其他模具零部件隔开。

热流道喷嘴和浇口附近的温度控制也是模具设计中的一个关键。一般来讲,应尽量缩小热流道板与浇口之间的温差,以防浇口在注射间歇过程中冻结固化,为此,可以采用导热性优良的铍铜合金或具有类似导热性能的其他合金制造热流道喷嘴。即使这样,当开模时间很长时,浇口仍有冻结固化的可能,在这种情况下,可在浇口附近采取加热措施,或在热流道喷嘴内安装锥形加热器。

5.5.3 内加热式多模腔热分流道注射模

这类模具也有许多不同的结构形式,但它们都有一个共同的特点,即除了在热流道喷嘴和浇口部分设置内加热器之外,整个浇注系统虽然也采用分流道板,但所有的流道均采用内

加热方式而不采用外加热方式。用内加热方式（加热器安装在流道中央部位），流道中的塑料熔体可以阻止加热器直接向分流道板或模具本身散热，所以大幅度降低加热能量损失并相应提高加热效率。另外，这类模具还有一些绝热流道和外加热式热流道注射模所没有的特点。例如，这类模具虽然和绝热流道注射模相似，均依靠流道内的塑料对模具其他部分发挥绝热作用，但因为这类模具的流道内部设有加热器，所以不管间歇时间有多长，也不会存在浇口冻结固化的危险，同时也不必打开分流道板清除流道中的凝料赘物。又如，外加热式热流道注射模中的热流道板工作温度约为 $200\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，必须考虑热流道板的尺寸膨胀问题，但采取内加热式的热流道之后，除分流道板热损失能比热流道板减小 75% 左右以外，其温度亦可保持在 38°C 左右，所以通常不用考虑分流道板的尺寸膨胀。

5.5.4 热管加热的热流道注射模

在热流道注射成型生产中，如何尽量使整个浇注系统保持温度一致，也是一个很重要的问题。通常，由于浇口和热流道喷嘴距离模腔较近，采取各种绝热措施之后仍然不能避免它们的热量散发，从而使浇注系统的两端温差增大，不能使整个系统的温度保持一致，因此对注射成型过程具有不良的影响。为了解决这一问题，目前国内外均已开始采用一种叫做热管的浇注系统加热元件，它是综合液体的蒸发与冷凝原理和毛细管现象设计的，其导热能力很大，工作原理如图 5-18 所示。在此图中，热管中的 *A* 为加热段（或称蒸发段），*B* 为冷凝段，液体工作介质在加热区域受电加热器加热而蒸发，并把热量以蒸气形式扩散到冷却部分，因此，蒸气将在 *B* 段冷凝而放出热量，同时冷凝后的液体又会通过吸液芯中的毛细管返回到加热区，经再次蒸发后按照前述的方式不断地向冷却部分传热，从而使热管各部位的温度保持一致。

图 5-19 所示是热管用于主流道衬套时的模具结构，此种热管结构也可用于热流道喷嘴。图中的热管作为夹套围绕在主流道周围，加热圈的热量通过热管（由热管内管 1、传热介质 6、热管外壳 4 和传热铝套 3 等构成）传导给主流道中所有的塑料熔体，其温差可控制在 $1.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ 。目前，这种用于主流道的夹套式热管在国外已经商品化和规格化，它的特点除了可使流道温度保持均匀一致外，与带锥体的热流道相比，它还具有容易清理和使用寿命长的优点。

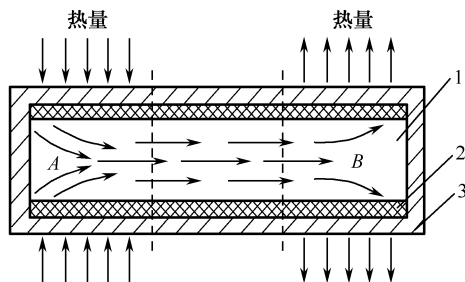
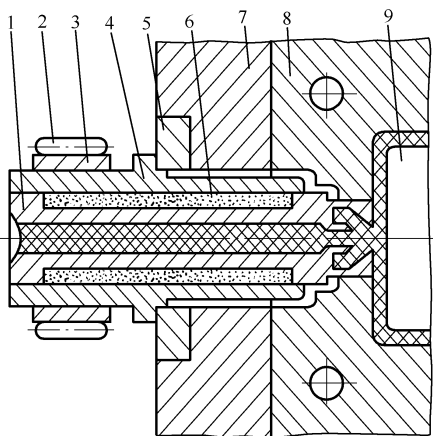


图 5-18 热管加热工作原理

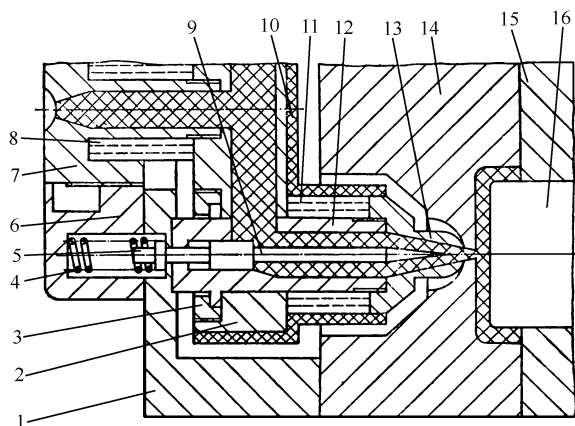


1—热管内管；2—外加热圈；3—传热铝套；4—热管外壳；
5—定位环；6—传热介质；7—定模底板；8—凹模型板；9—凸模

图 5-19 热管用于主流道衬套的模具结构

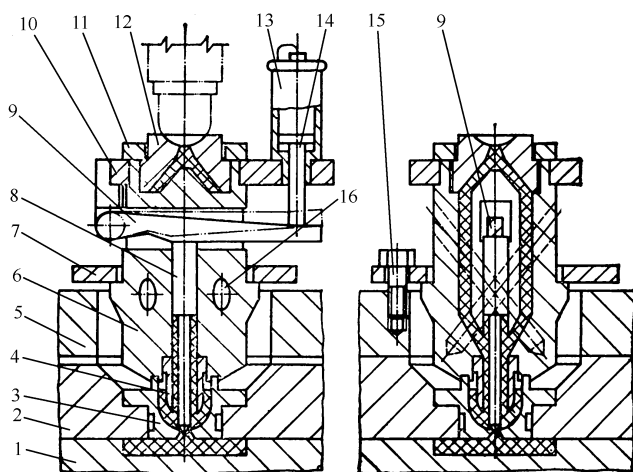
5.5.5 阀式浇口热流道注射模

使用热流道注射模成型黏度很低的塑料时,为了避免产生流涎和拉丝现象,可采用阀式浇口。阀式浇口的工作原理为:在注射和保压阶段,浇口处的针阀开启,塑料熔体通过热流道喷嘴和针阀进入模腔,保压结束后,针阀关闭,模腔内的塑料不能倒流,热流道喷嘴内的塑料也不能流涎。在热流道注射模中,阀式浇口的阀芯还可钻孔插入内加热器,使阀芯对塑料兼起内加热和分流锥的作用。阀式浇口的种类很多,如单模腔弹簧式、多模腔弹簧式、液压杠杆式以及带有内加热器的结构等,具体可查阅有关手册和资料。图 5-20 所示是一个带有压缩弹簧阀式浇口的多模腔热流道注射模的示例,图中所示的阀式浇口结构既可用于多腔模具结构,也可用于单腔模具结构,加热器装主流道外侧和热流道喷嘴的周围,用环氧玻璃钢制成的罩壳对周围进行绝热。图 5-21 所示是一个带有液压杠杆阀式浇口的热流道注射模示例,其中的液压活塞通过杠杆驱动针阀往复运动,以实现浇口的开启和闭合。



1—定模底板; 2—分流道板; 3—热流道喷嘴压环; 4—压簧; 5—活塞杆; 6—定位环; 7—主流道衬套; 8,11—加热器;
9—针阀; 10—隔热层; 12—热流道喷嘴体; 13—热流道喷嘴头; 14—定模板(型腔板); 15—脱模板; 16—凸模

图 5-20 带有压缩弹簧阀式浇口的多模腔热流道注射模



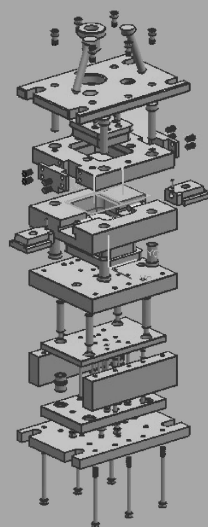
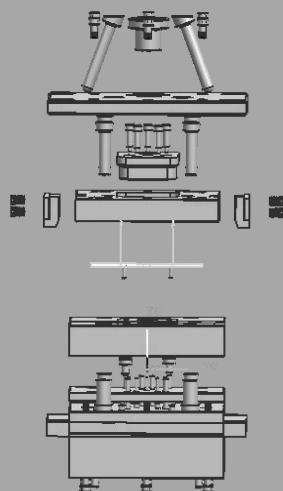
1—动模板(型腔板); 2—定模板; 3—浇口衬套; 4—热流道喷嘴头; 5—定模底板; 6—热流道喷嘴体; 7—压板; 8—针阀;
9—杠杆; 10—支板; 11—锁紧螺母; 12—热流道喷嘴盖(进料口); 13—油缸; 14—活塞杆; 15—压紧螺钉; 16—加热器孔

图 5-21 带有液压杠杆阀式浇口的热流道注射模

第6章

塑料模具设计技巧实例精析

- 注射模设计技巧实例精析
- 压塑模典型结构图例
- 压注模典型结构图例



6.1 注射模设计技巧实例精析

6.1.1 丁字型安装架塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

塑料模具设计之前必须对所给零件进行完善,这样有利于模具的制造与加工。在设计塑件时要考虑以下几个因素:

塑件的物理机械性能,如强度、刚度、韧性、弹性、吸水性以及对应力的敏感性;塑料的成型工艺性,如流动性;塑件形状应有利于充模流动、排气和补缩,同时能适应高效冷却硬化(热塑性塑料制品)或快速受热固化(热固性塑料制品);塑件在成型后的收缩情况及各向收缩率的差异;模具的总体结构,特别是抽芯与脱出塑件的结构复杂程度;模具零件的形状及其制造工艺。

该任务是设计一个丁字型安装架,如图 6-1 所示。首先考虑其技术要求,在满足要求的前提下完善并绘制塑件图。塑件上有三个孔,一个通孔两个盲孔。在设计孔时应不降低塑件的强度。孔不宜太深,孔壁不能太薄,否则会影响零件的使用,使强度达不到要求。并且在孔的周围要有加强筋结构。

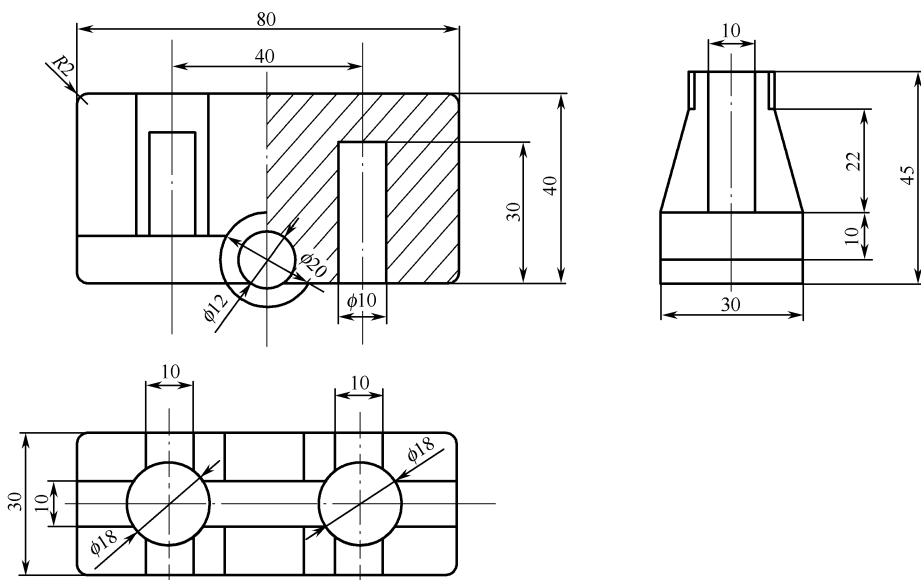


图 6-1 丁字型安装架

2. 分型面的选择

分型面的选择特别重要,一旦分型面选定,模具结构就确定下来了。确定分型面要考虑许多因素,在不影响制件结构的前提下应使模具结构尽量简单。下面初步拟订三套方案进行论证。

分型面开在 A 处,如图 6-2 所示。

在此处开分型面不会影响制件的外观,但如图 6-2 所示,它不利于塑料充填。并且由于在上半部分为死腔,不利于排气,容易产生废品,制造侧抽芯时不宜加工(侧抽芯与分型面

相切)。如果将动、定模腔位置互换,这样虽然解决了排气的问题,但侧抽芯仍然不易加工与安装,在使用过程中易损坏。

分型面开在 *B* 处,如图 6-3 所示。

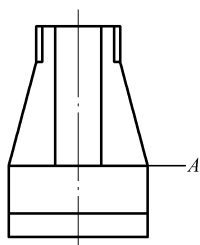


图 6-2 第一套方案

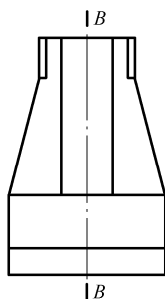


图 6-3 第二套方案

分型面开在此处,在型腔中避免了深腔,但在两侧各多一个侧抽芯,给模具加工带来了许多不便,并且在合模时顶杆要优先复位,顶出时还要在曲面上设顶杆,这都给模具加工带来许多不便,增加了成本。

综合上述两种方案的特点,为尽量减小对制件的影响,同时使模具易于加工与维护,设计第三种方案,将分型面开在 *C* 处,如图 6-4 所示。

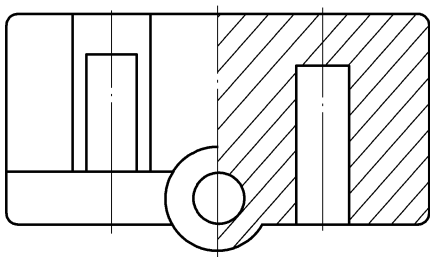
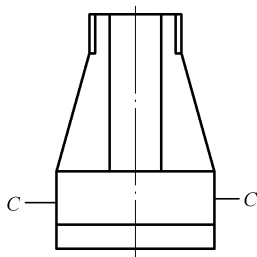


图 6-4 第三套方案



将分型面开在 *C* 处,如果将深腔设在定模上,那么在定模上既没有顶杆又没有型芯,不利于排气。同时深腔在上也不利于充填与补缩。与之相反,如果把深腔设在动模上,在定模上便有了两个型芯(在需要的时候可在型芯上开排气槽),在定模上有顶杆,这样在深腔里就有了排气通道,并且在充填时熔料是从上往下充填的,有利于充填与补缩。与方案二相比,方案三少了一个侧抽芯机构,使模具加工大大简化。方案三与方案一相比,由于分型面开在侧抽芯的中间,加工起来更简单而且不易损坏,在顶出时脱模力也较小,制件不会留下太深的顶出痕,故选方案三为拟订方案。

3. 模具结构的确定

由于上面已经确定了分型面的位置,这里主要对模具的结构进行设计与论证。模具的型腔结构是深腔在动模上,在定模上设两个直径为 10mm 的型芯;在一侧设一个直径为 10mm 的侧抽芯。根据型腔与型芯的结构可知:无法在零件上方直接开设浇口(二次分型可以开设,但在这里为了使模具结构更加简单,故不考虑这种结构),浇口只能从边上开设。但有一侧有抽芯机构,所以这边不能开浇口。另外的三边有两边是短边(分型面的截面为一个矩形),如果在短边开设浇口,则熔料的行程长,并且在充填的时候先后要冲击两根型

芯与一根侧抽芯，料流会受到很大的干扰，这样会使充填效果大大降低，容易产生气泡，材料固化后的纤维不均匀。这些都会使材料的性能受到很大的影响，使零件各方面性能都大大降低，从而产生废品，甚至使模具设计失败。综上所述，应当把浇口开设在与侧抽芯相对的长边上。位置如图 6-5 所示。

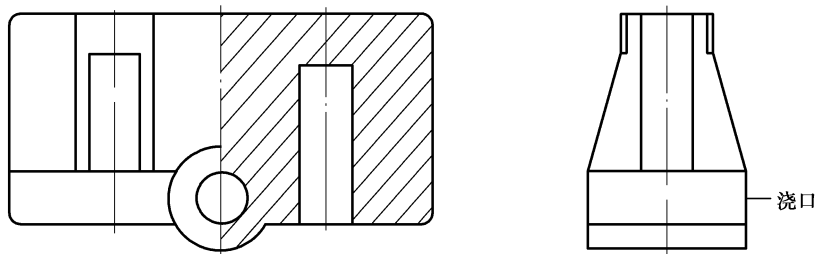
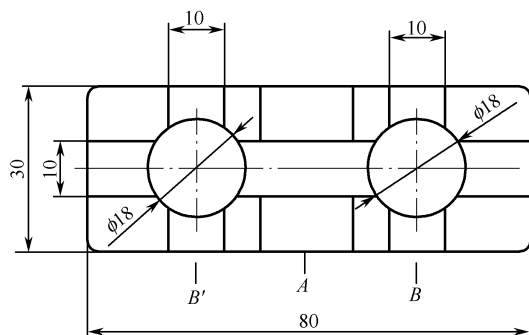


图 6-5 浇口开设

浇口开在这里，有利于熔料的充填。与在短边相比充填距离小很多（根据零件的尺寸，零件的长边为 80mm，短边为 30mm，充填距离缩短 50mm），并且干扰也小很多（见图 6-6）。



如果只在 A 处开设浇口，由于支撑面上有一个侧抽芯（侧抽芯的大小正好和支撑面相同），所以浇口不能开设在分型面上，只能开设在上或下两个型腔中。这样在处理废料时就会带来许多困难，即使能解决也会给模具加工带来许多麻烦，增加难度。虽然填充的效果比上面好，但还是有很大的扰流存在。从 A 处进料后要向两边和上面填充，都有型芯的干扰。

考虑以上因素，为了克服模具加工与扰流填充不利的问题，将浇口开在 B 与 B' 处。在一个件上开设两个浇口会改善填充效果，使模具的制件合格率提高。两个浇口可开设在分型面上，易于模具的加工制造，同时也解决了去除废料的问题。但不可避免地两个浇口会使废料增加，增加了材料的成本，但与此同时零件的合格率会大大提高，相比之下还是降低了成本（增加的废料毕竟只占很少的一部分）。

如果采用一模一腔结构，浇口开设在主流道的侧面，势必要开设分流道，模具的中心与注射机的中心不在同一轴线上。在设计模具时尽量不采用这种结构，且生产率也不高，单位时间的产量低，所以考虑采用一模两腔的结构。与一模一腔相比，零件的生产率提高了一倍，并且消耗的能源相对减少，降低了生产成本。由于一模两腔在模具上可采用对称分布，这样模具的中心可以与注射机的中心相重合，使得模具在工作时受力均匀，可以延长模具寿命，基本结构与两腔布局如图 6-7 所示。

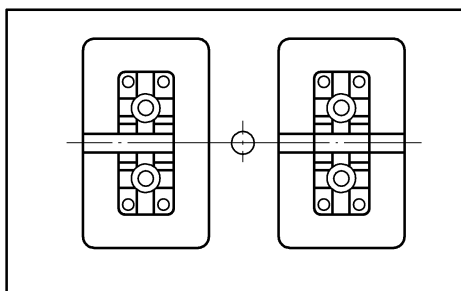


图 6-7 一模两腔结构

4. 注射机的选择与校核

1) 零件体积的估算

要确定注射机的型号，首先要对零件的用料进行计算（以下计算见零件图 6-1）。

估算零件体积 V ：

$$\begin{aligned}
 V' &= 2v + v' = 2lhb + lhb_1 \\
 &= 10 \times 30 \times 11 \times 2 + 10 \times 30 \times 22 \\
 &= 13\,200 \text{ mm}^3 \\
 V'' &= 4 \times \frac{1}{2} r LH \\
 &= 4 \times \frac{(96 - 90) \times 22 \times 10}{2} = 2\,640 \text{ mm}^3 \\
 v_1 &= \pi r h l = 3\,014.44 \text{ mm}^3 \\
 v_2 &= h b l - 2\pi r^2 l = 16\,430 \text{ mm}^3 \\
 v_3 &= \pi (R - r)^2 l = 1\,507.2 \text{ mm}^3 \\
 v_4 &= 2\pi r^2 l = 1\,570 \text{ mm}^3 \\
 V &= V' + V'' + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 \\
 &= 38\,361.64 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

零件的体积粗算结果应当加上浇道的废料体积，由于是一模两腔，初步将注射量定为 100 cm^3 。

2) 初选注射机

根据额定注射量来初选注射机，选 XS-ZY-125 型注射机。

注射机的参数如下。

额定注射量	125 cm^3 ;
注射压力	120 MPa ;
注射行程	158 mm ;
注射时间	1.6 s ;
合模力	900 kN ;
最大成型面积	320 cm^2 ;
最大开合模行程	300 mm ;

模具最大厚度	300mm;
模具最小厚度	200mm;
拉杆空间	260mm×290mm;
定位圈尺寸	直径 125mm;
喷嘴球头直径	球径 32mm。

3) 对所选注射机校核

(1) 注射量的校核。

$$nv_s + v_j \leq 0.8v_g$$

式中 n ——模具型腔数;

v_s ——单个塑件的容积或质量;

v_j ——浇注系统和飞机所需要塑料的容积或质量;

v_g ——注射机额定注射量。

计算所得注射量为 100cm^3 , 满足要求。

(2) 合模力的校核与成型面积校核。

$$F \geq P_M (nA_s + A_j)$$

式中 F ——注射机的合模力;

P_M ——塑料熔体在模腔内的平均压力 (一般为 $20 \sim 40\text{MPa}$)

A_s 、 A_j ——塑件和浇注系统在合模面上的投影面积。

计算所得总的投影面积 $= 6682\text{mm}^2$ 。

额定成型面积为 130cm^2 , 大于成型面积 66.82cm^2 。

取最大压力进行校核:

$$F = 900\text{kN}, \text{ 远大于零件对模腔的压力 } 40 \times 100 = 400\text{kN}$$

注射机压力的校核:

$$P_z > P_{ch}$$

式中 P_z ——注射机最大注射压力;

P_{ch} ——塑件成型所需要的注射压力。

注射机最大压力为 120MPa , $P_{ch} = 60 \sim 100\text{MPa}$, 注射机压力满足条件。

(3) 模具高度与注射机闭合高度的校核。

$$H_{\min} < H_m < H_{\max}$$

式中 H_m ——模具闭合高度, 250mm ;

H_{\min} ——注射机最小闭合高度, 200mm ;

H_{\max} ——注射机最大闭合高度, 300mm 。

满足条件。

(4) 开模行程校核。

$$S_{\max} > H_i + H_j + (5 \sim 10)$$

式中 S_{\max} ——注塑机最大开模行程, 300mm ;

H_i ——塑件脱模顶出距离, 35mm ;

H_j ——塑件高度, 45mm 。

满足条件。

(5) 安装校核。

拉杆空间为 $260\text{mm} \times 290\text{mm}$ 。

模具外形尺寸为 $400\text{mm} \times 260\text{mm}$ ，空间不满足，应重新选择。

参照模具外形尺寸 $400\text{mm} \times 260\text{mm}$ ，重新选择注射机，注射机型号：XS-ZY-250。重新选择的注射机拉杆空间为 $448\text{mm} \times 370\text{mm}$ ，满足模具安装的要求，同时新注射机的各项技术指标都超过原来所选的注射机，满足模具安装与塑件生产的要求。

5. 模具主要机构的设计

1) 抽芯机构的设计与计算

如图 6-8 所示，为设计的侧抽芯机构，设一个 10mm 的侧抽芯，它通过滑块由斜导柱带动来完成运动，根据抽芯机构的力学特性进行计算。

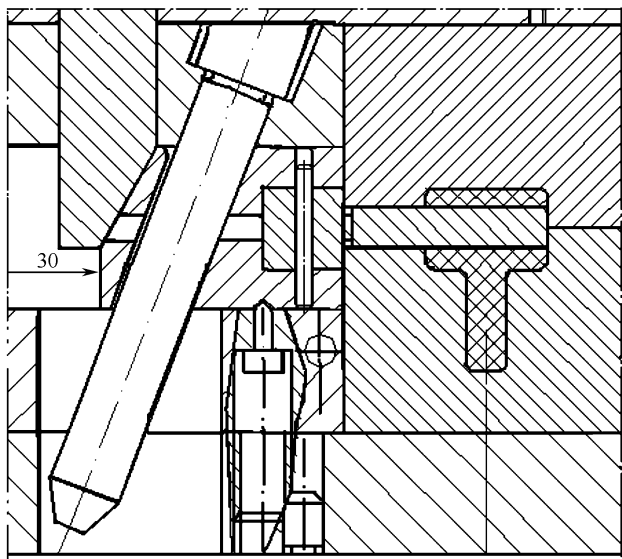


图 6-8 侧抽芯机构

计算抽芯力：

$$F = CLF_0(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)(\text{N})$$

式中 F ——抽芯力；

C ——型芯被塑料包紧部分的断面平均周长 (cm)；

L ——型芯被塑料包紧部分的长度 (cm)；

F_0 ——单位面积包紧力，一般取 $7.85 \sim 11.77\text{MPa}$ ；

α ——脱模角度， $\alpha = 1^\circ$ 。

$$\begin{aligned} F &= 100 \times 3.14 \times 1 \times 3 \times 11.77 \times (0.2 \times 1 - 0.017) \\ &\approx 2\,028.98\text{N} \end{aligned}$$

2) 斜导柱的尺寸计算

斜导柱的直径计算：

$$d = \sqrt[3]{\frac{PH}{0.1[\sigma]_{\text{弯}} \cos \alpha}} \quad (\text{cm})$$

式中 $[\sigma]_{\text{弯}}$ ——弯曲许用应力，对碳钢可取 $13.07\text{kN} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；

P ——斜导柱所受最大弯曲力， $P = \frac{F}{\cos \alpha}$ 。

代入数据得 $d = 1.576\text{cm}$ ，为了保证足够的强度，选择 $d = 18\text{mm}$ 。斜导柱的长度计算（见图 6-9）：

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

$$L = \frac{1}{2}D \tan \alpha + h \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{1}{2}d \tan \alpha + \frac{s}{\sin \alpha} + (10 \sim 15) \text{ mm}$$

式中 α ——斜导柱倾角， $\alpha = 21^\circ$ 。

$d = 18\text{mm}$ ， $D = 24\text{mm}$ ，将数值代入，求得 $L = 135.55\text{mm}$ 取 $L = 136\text{mm}$ 。

在设计斜导柱时，角度应当尽量小一些，这样所受的冲击力小并且对模具磨损小，可以增加寿命。但有时抽芯距离过大，受模具的大小与注射机的限制，导柱不能太长，这样就必须增大角度，一般不超过 25° 。在设计锁紧楔时，锁紧楔的角度要大于斜导柱的倾斜度，这里设为 31° 。

根据斜导柱的尺寸设计滑块，在滑块上的孔还有定模板上的孔要与导柱配作。斜导柱与定模板采用过盈配合 $\frac{\text{H7}}{\text{r6}}$ ，与滑块的配合采用间隙配合，并且斜导柱的工作长度要长 $2 \sim 3\text{mm}$ 。这样有利于抽芯，防止顶出时干涉。在滑块上开一个孔，这样在取型芯时方便取出，在下面开设导轨和限位孔。具体形状见图 6-10。

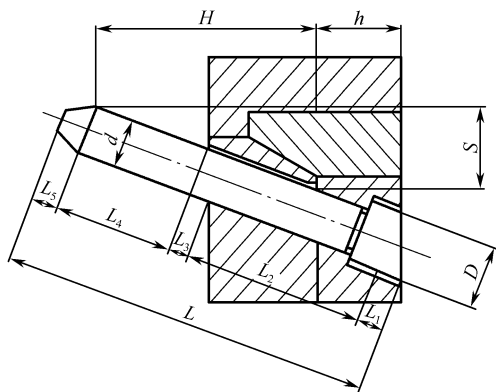


图 6-9 斜导柱设计

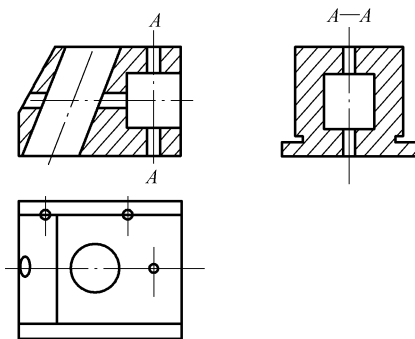


图 6-10 滑块设计

3) 浇注系统的设计

浇注系统是塑料熔体自注射机的喷嘴射出后，到进入模具的型腔以前所流经的一段路程的总称。浇注系统由主流道、分流道、浇口和冷料井等组成。

在设计浇注系统时，应注意以下几个问题。

首先根据塑料制品的结构，分析其填充过程，以保证塑料制品的内在质量和尺寸稳定，这一点对大型塑料制品尤为重要。

设计浇注系统时,应当非常注意浇注系统对制品外观的影响。在设计过程中经常会遇到这样的情况,某一塑料制品的浇口设计在某处比较合适,但由于在该处设置浇口影响制品外观,只能将浇口改设在其他部位。若实在无法处理,则可通过改变制品结构来解决。上述问题,对有外观质量要求的塑件尤为重要。

在设计浇注系统时,应考虑到模具在注射时是否能适应自动操作。要达到全自动操作,必须保证在开模时制品与浇注系统能自动脱落,浇口与制品也要尽可能自动分离。

浇注系统的设计,必须考虑到塑料制品生产的后续工序。如因后续工序在加工、分配、管理上的需要,往往须设置辅助流道,将多件制品连成一体。

在设计浇注系统时,应留有一定的余地,这样在使用时即使有些不足之处,也可以比较快地得到解决。

多观察分析各类塑料制品的浇注系统和浇口位置的选择,吸取其成功之处,提高浇注系统设计的可靠性。

设计浇注系统时,其主流道进口处的位置应尽量与模具中心重合。

(1) 主流道的设计。主流道为直接与注射机的喷嘴相连接的部分。熔体从喷嘴中以一定的动能喷出,由于熔体在料筒内已被压缩,此时流入模具的空腔内,其体积必然要膨胀,流速也略微减小。

主流道截面为圆形,整体为圆锥形体,锥度为 $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$,对于黏度较大的熔体可以增大到 6° 。

主流道设一圆锥孔,其小头对注射机的喷嘴。因喷嘴外形为球面,所以主流道小头孔端的外形为一凹球面。为配合紧密,防止溢料,凹球面的半径应比喷嘴的球面半径略大 $2 \sim 3\text{mm}$ 。主流道如图 6-11 所示。

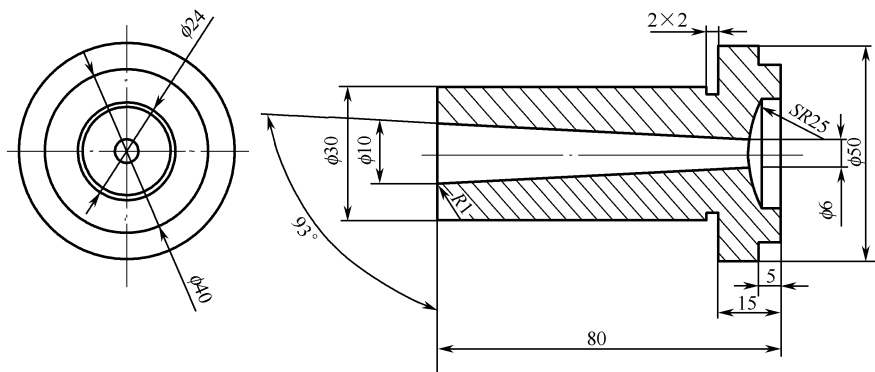


图 6-11 主流道

(2) 分流道的设计。由于有四个浇口,所以要有四个分流道。设计两种方案进行论证比较,见图 6-12 和图 6-13。

方案 A 在熔料从主流道进到冷料井后,直接从分流道进入型腔当中,与方案 B 相比,少了一次转向,有利于充填,但明显增加了许多废料。方案 B 虽然节省了材料,但容易出现废品。综合这两方面因素考虑, A 方案更好一些,因合格率更为重要,所以在设计时采用 A 方案。

浇道的结构已经确定,下面确定浇道的截面形状。浇道的截面形状有很多种,最常用的有三种:圆形、梯形和 U 形。

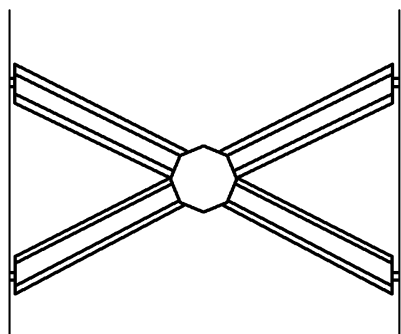


图 6-12 方案 A

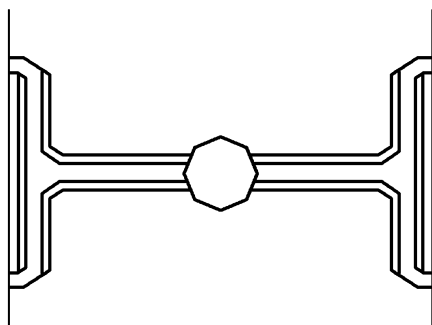
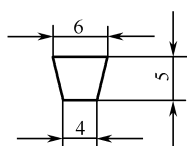


图 6-13 方案 B

圆形截面的分流道：这种分流道的比表面积小（浇道表面积与其体积之比叫比表面积），故热量不容易散失，阻力也比较小，但它需要在动、定模板上同时开设浇道而且要相吻合，所以加工比较困难。

梯形断面的分流道：由于这种分流道易于加工，且热量损失和阻力均不大，故为最常用的形式。

图 6-14 梯形浇道的
截面形状与尺寸

U 形截面的分流道：优点和梯形一样，也经常采用。除上述三种形式外，还有半圆形、矩形等。但这两种浇道的比表面积都比较大，所以不常采用。

根据以上的分析，决定采用梯形的分流道形状。因为它加工简单，性能相对比较好。虽然圆形浇道的性能比梯形的好，但加工不方便。梯形浇道的截面形状与尺寸见图 6-14。

（3）浇口的设计。该设计采用侧浇口形式。侧浇口有以下特点：

形状简单，便于加工，而且尺寸精度容易保证；试模时，如发现不适当，容易及时修改；能相对独立地控制充填速度与封闭时间；可用于各类塑料；对于壳体类塑件，流动充填效果较佳。

浇口是浇注系统的关键部分，浇口的形状和尺寸对制件的影响很大，浇口在多数情况下是整个浇道中断面尺寸最小的部分，浇口台阶一般长 $1\sim 2\text{mm}$ 。浇口的形状有很多，根据零件的大小和形状及材料的流动性来确定浇口的形状与位置。同时要考虑模具的加工和工作情况。在前面已经大致确定浇口的位置，在这里进一步完善设计。根据材料的流动特性，浇口应开设在零件的支承面边缘，即浇口 1 处，如图 6-15 所示。

但如果按浇口 1 的位置开设浇口，由于在分型面的下方（动模内），在脱模顶出时浇口里的塑料无法连同零件和浇道中的废料一起顶出。如果强脱会损坏零件，并且浇口中的废料还是无法取出。这种机构不合理，应该将浇口开设在浇口 2 处，这样废料和零件可以一起顶出。浇口的情形和浇道的情况类似，但浇口要小一些，做成方形 $2\text{mm}\times 2\text{mm}$ ，但要有一些角度作为脱模斜度，在这里不设具体的角度，在 $2^\circ\sim 5^\circ$ 之间，至此浇注系统设计完成。要注意的是，在主流道的下面要设计冷料井和 Z 形头的拉料杆，形状与尺寸见零件图。

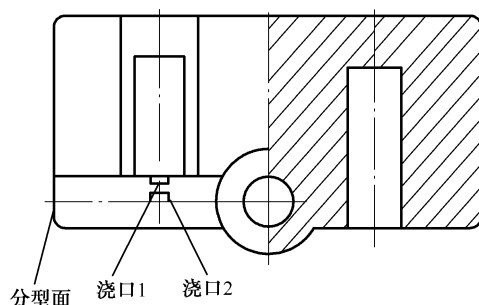


图 6-15 浇口位置

4) 型腔的设计与计算

由于在前面已经确定了零件形状，并且确定了浇注系统与侧抽芯的形状尺寸与位置，所以型腔的形状已经确定下来，主要的是尺寸计算与强度校核。

动模型腔尺寸的计算如下。

按照平均收缩率计算型腔的径向尺寸：

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)^{+\delta_z}$$

式中 S_{cp} ——平均收缩率，查表得平均收缩率为 0.55%；

L_s ——零件的名义尺寸；

Δ ——制作的允许公差值；

δ_z ——型腔的制造公差（取正差）；

L_M ——型腔的名义尺寸。

由于工件的用途决定了零件不需要太多的精度，所以模具的制造采用一般精度的模具制造公差即可，在这里取 IT7 级公差。

将尺寸代入公式得

$$\begin{aligned} L_1 &= 80_{-0.6}^0 & L_{1M} &= 77.99_0^{+0.035} \\ L_2 &= 30_{-0.36}^0 & L_{2M} &= 29.895_0^{+0.025} \\ L_3 &= 10_{-0.2}^0 & L_{3M} &= 9.905_0^{+0.018} \\ L_4 &= 18_{-0.28}^0 & L_{4M} &= 17.889_0^{+0.021} \\ \phi &= 20_{-0.28}^0 & \phi_M &= 19.900_0^{+0.021} \end{aligned}$$

型芯的径向尺寸计算：

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} + \frac{3}{4} \Delta \right)_0^{-\delta_z}$$

代入数据得

$$\phi_M = 10.205_{-0.018}^0$$

型腔深度尺寸的计算:

$$H_M = \left(H_s + H_s S_{cp} - \frac{2}{3} \Delta \right)_0^{+\delta_z}$$

代入数据计算得

$$\begin{aligned} H_1 &= 35_{-0.36}^0 & H_{1M} &= 34.953_0^{+0.025} \\ H_2 &= 5_{-0.18}^0 & H_{2M} &= 4.907_0^{+0.012} \\ H_3 &= 30_{-0.36}^0 & H_{3M} &= 29.925_0^{+0.025} \end{aligned}$$

型芯高度尺寸计算:

$$H_M = \left(H_s + H_s S_{cp} + \frac{2}{3} \Delta \right)_{-\delta_z}^0$$

代入数据计算得

$$\begin{aligned} H_1 &= 30_0^{+0.36} \\ H_M &= 30.256_{-0.025}^0 \end{aligned}$$

至此动模部分的型腔及定模上的四根型芯的各个尺寸已经全部求出。动模部分的型腔见图 6-16。

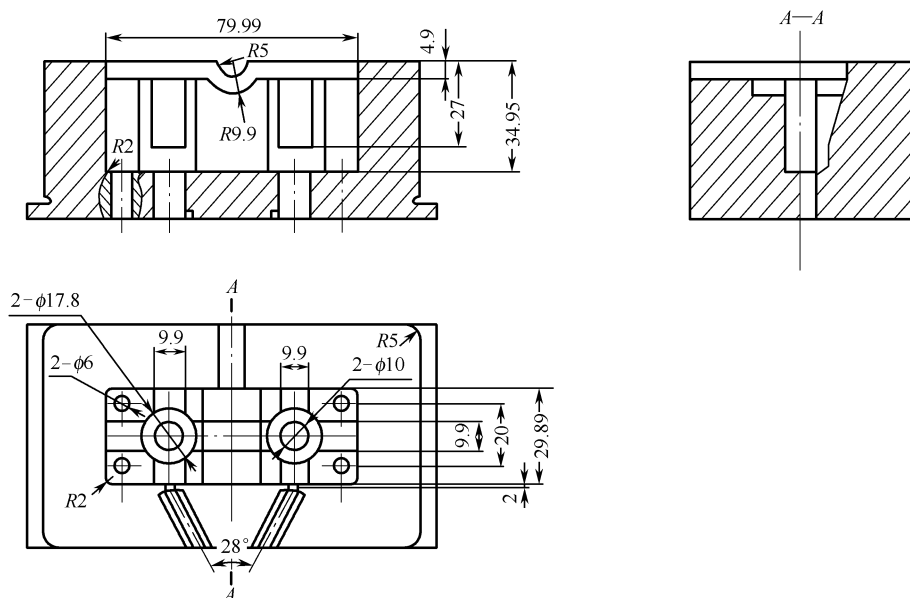


图 6-16 动模部分的型腔

定模部分型腔尺寸的计算:

按照平均收缩率计算型腔的径向尺寸, 有

$$L_M = \left(L_s + L_s S_{cp} - \frac{3}{4} \Delta \right)^{+\delta_z}_0$$

代入数据计算得

$$\begin{aligned} L_1 &= 80^{+0}_{-0.6} & L_{1M} &= 77.99^{+0.035}_0 \\ L_2 &= 30^{+0}_{-0.36} & L_{2M} &= 29.895^{+0.025}_0 \\ \phi &= 20^{+0}_{-0.28} & \phi_M &= 19.900^{+0.021}_0 \end{aligned}$$

型腔深度尺寸的计算:

$$H_M = \left(H_s + H_s S_{cp} - \frac{2}{3} \Delta \right)^{+\delta_z}_0$$

代入数据计算得

$$\begin{aligned} H_1 &= 10^{+0}_{-0.2} & H_{1M} &= 9.992^{+0.018}_0 \\ H_2 &= 5^{+0}_{-0.18} & H_{2M} &= 4.907^{+0.012}_0 \end{aligned}$$

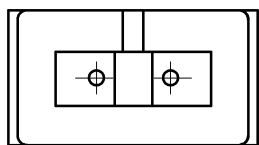
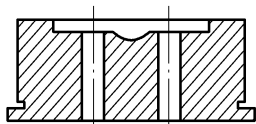


图 6-17 定模部分的型腔

式中 b_1 ——型腔的壁厚;

p ——型腔压力 (Pa), 一般为 24.5~49MPa;

E ——弹性模量 (Pa), 碳钢 $E=2.1 \times 10^{11}$ Pa;

f_{\max} ——型腔侧壁支承板或型腔底板的最大变形量 (mm);

$[f]$ ——许用变形量 (mm), $[f]=st$, 其中 s 为塑料收缩率 (%), t 为制品壁厚 (mm)。

查表得 ABS 的溢料间隙极限为 $[f]=0.06$ mm。

型腔压力取最大值, 取整 50MPa 代入公式, c 为一个系数。按 h/l 来查表确定 (h 为型腔深度, l 为型腔的长边。 $h=35$, $l=80$, 查表得 $c=0.33$)。

将所有数据代入公式计算得

$$b_1 = 7.3 \text{ mm}$$

(2) 侧壁的强度计算。

当 $h/l \geq 0.41$ 时,

$$\sigma_{\max} = \frac{pl^2(1+\omega\alpha)}{2b_1^2} \leq [\sigma]$$

当 $h/l < 0.4$ 时,

$$\sigma_{\max} = \frac{3ph^2(1+\omega\alpha)}{b_1^2} \leq [\sigma]$$

$$\alpha = l_1/l_2$$

$$\alpha = \frac{30}{80} = 0.375 \quad (l_1 \text{ 为型腔中的长边, } l_2 \text{ 为腔中的短边})$$

ω 和 c 一样查表获得。

当 h 取 10 时, $h/l < 0.41$, 故选用公式

$$\sigma_{\max} = \frac{3ph^2(1+\omega\alpha)}{b_1^2} \leq [\sigma]$$

$$\omega = 0.018$$

查表得一般常用模具钢的 $[\sigma] = 200\text{MPa}$ 。

将各数据代入以上公式得

$$\frac{3 \times 50 \times 10^6 \times (1 + 0.018 \times 0.375) \times 10^2}{b_1^2} \leq 200\text{MPa}$$

$$b_1 < 10\text{mm}$$

当 h 取 35 时, $h/l \geq 0.41$, 故选用公式

$$\sigma_{\max} = \frac{pl^2(1+\omega\alpha)}{2b_1^2} \leq [\sigma]$$

查表得 $\omega = 0.148$, 将数据代入得

$$\frac{50 \times 10^6 \times (1 + 0.148 \times 0.375) \times 80^2}{2b_1^2} \leq 200\text{MPa}$$

$$b_1 < 20\text{mm}$$

根据以上计算得到的结果, 选择 $b_1 = 20\text{mm}$ 即可。通过型腔的零件图可以看到: 型腔的最深处在中间 (加强筋部分), 在外部还有支承面的型腔 10mm 的厚度, 所以在外边离窄边 20mm 足够了。在长边, 深度为 30mm 。选择 CrWMn 为型腔和型芯及侧抽芯的材料。

5) 脱模机构的设计

在设计脱模机构时要注意以下几个方面,在脱模时不可以损坏制件,并且要保证塑件能顺利地 从模腔中顶出。顶出方式有很多种,在这里采用普遍使用的顶杆顶出方式脱模。使用这种方式脱模要尽量使塑件受力均匀,并且要尽量多设置一些顶杆,这样可以减小塑件单位面积上的压力,使得顶出痕很小甚至没有顶出痕。因为顶杆要与塑料接触,在注射时压力很大,顶杆和型腔之间的配合要考虑到溢料的问题。查表得 ABS 塑料的溢料间隙为 0.06mm。顶杆与模腔为间隙配合,这样在注射时顶杆还可以起到排气的作用,特别是有深腔的模具,如果在深腔中无法设置顶杆,那么还要开设排气槽。在前面设计分型面结构时已经考虑到了这个问题,下面来考虑顶杆的位置问题。顶杆的位置见图 6-18。

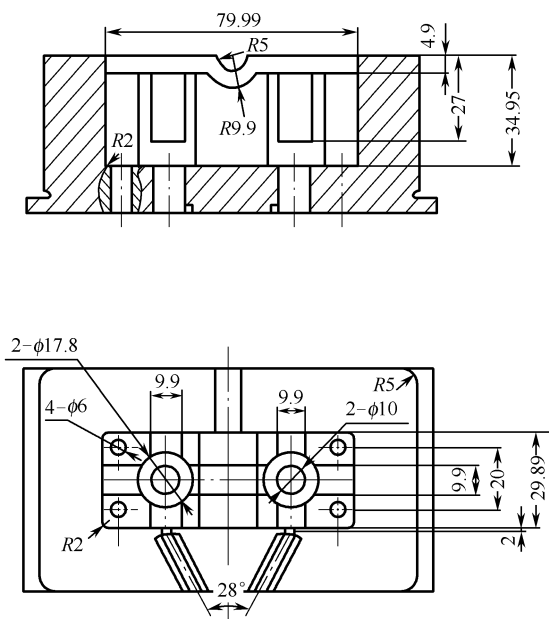
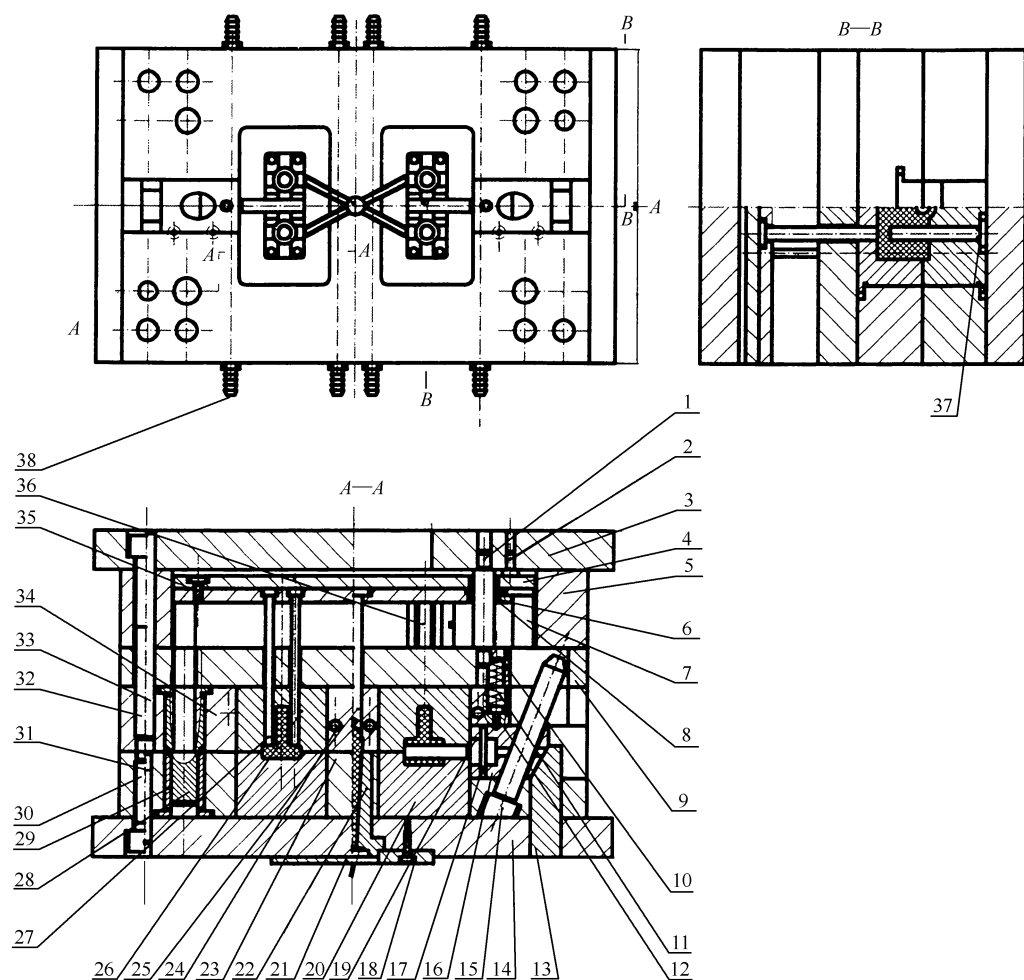


图 6-18 顶杆的位置

图中一共开设六个顶杆,四个直径为 6mm 的分布在四个角,一方面负责顶出,另一方面用来排出模腔中的气体(主要是上部分的气体)。在型腔底部圆柱处各设一个直径为 10mm 的顶杆,作用和前面的四个一样。总体上来看几个顶杆成对称分布,使塑件受力均匀,并且各点的位置也照顾到了制件的形状,避免了产生大的弯矩和顶出力的集中。顶出位置都设置在塑件最厚的地方,不会顶坏塑件。

由于在开模时型芯都留在定模上,所以脱模时的阻力主要是与侧壁的摩擦力,这个力不是很大,同时零件在顶出的位置处的料厚很厚,不会顶坏零件。型芯的包紧力才是脱模所要克服的主要力。在开模时如果没有侧抽芯,零件会随型芯留在定模上。但在开模的时候,侧抽芯使零件留在动模上(在零件的中心线上有厚 30mm 的加强筋,所以不会损坏制件)。由于导柱不会和侧抽芯产生干涉,所以不用设置预复位机构,降低了模具的加工难度。导柱与型腔采用间隙配合 $\frac{H7}{g5}$, 这个配合的最大间隙小于材料的溢料间隙。模具装配图见图 6-19。



1,28—导柱；2—调整块；3—底板；4—垫板；5—垫块；6,34,35—固定板；7,27,36—推杆；8,29—导套；9—动模板；
10,12,31,33—圆柱销；11—弹簧；13—限位块；14—定模板；15—斜导柱；16—滑块；17—轴；18—定位环；19,37—型芯；
20—定模镶块；21—凝料；22—衬套；23,24—镶块；25—拉料杆；26—塑件；30,32—螺钉；38—水嘴

图 6-19 模具装配图

6.1.2 支架塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

塑件为支架塑件，图 6-20 所示为支架零件图，支架实体图见图 6-21。塑件壁厚为 2mm，有两个方向抽芯，制件形状较复杂。

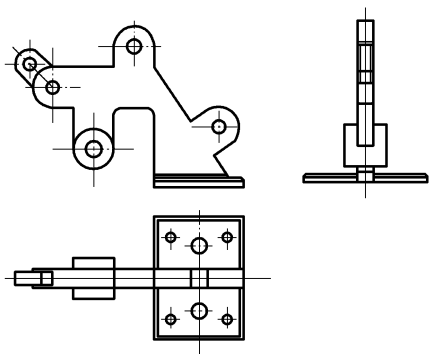


图 6-20 支架零件图

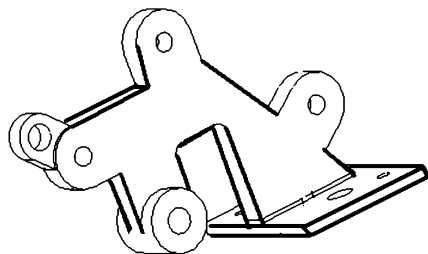


图 6-21 支架实体图

2. 分型面的选择

根据塑件的外形结构，分型面的选取有两种方式，参照图 6-22 所示分析。

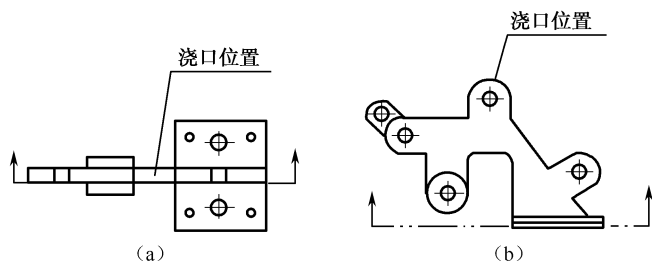


图 6-22 分型面的选择方式

两者都为平直分型面，都可一次分型，而零件浇口的位置已由现有零件的浇口痕迹得知，不同的是它们的分型位置不一样，侧抽的部位就不一样，它们有各自的优缺点。采用如图 6-22 (a) 所示的方法，模具结构比较简单，符合分型面应选在塑件外形最大轮廓处的选择原则，根据浇口位置得知采用的是侧浇口，而需要侧抽的部分会处在两块板上，难以保证精度，对零件表面的质量也会产生影响；采用如图 6-22 (b) 所示的方法，由浇口位置得知采用的是点浇口，塑件脱模需要通过两次分型才能实现，模具结构复杂，但型腔加工比较容易，零件处在同一块板上，避免了在两板间的加工，塑件的表面质量也较好。现在设定两种方案。

方案一：采用图 6-22 (a) 所示分型方法，综合考虑采用侧分型抽芯结构，考虑到充模降压和 ABS 塑料成型温度范围窄，主流道最好做成粗短为好，否则易造成凝固。这里模具结构采用一次分型机构，一模两腔，采用侧浇口浇注方式，开模时塑件留在动模上。首先，塑件外表面和型腔脱离同时两边侧抽芯，在动模后移的过程中侧抽完；最后采用推杆脱模机构将塑件脱模。采用镶块和滑块参与塑件的侧抽成型。

方案二：采用两次分型，一模两腔结构，点浇口浇注方式，塑件分型面采用平直分型面，见图 6-22 (b)。动、定模开模时，首先两边侧抽芯；最后采用推杆脱模机构实现塑件脱模。

考虑到塑件的形状较复杂，这样会使塑件在冷却成型时收缩不均匀，容易产生应力，且塑件壁厚较大的部分容易形成缩孔和凹陷等缺陷，在成型加工时要尽量做到冷却均匀、补缩充分，以减少塑件在成型时容易产生的缺陷并尽量减小应力。在设计模具时要充分考虑冷却系统的设置和安放问题。在此利用分型面、推杆间隙排气，分型面处尺寸精度可以放宽一些。

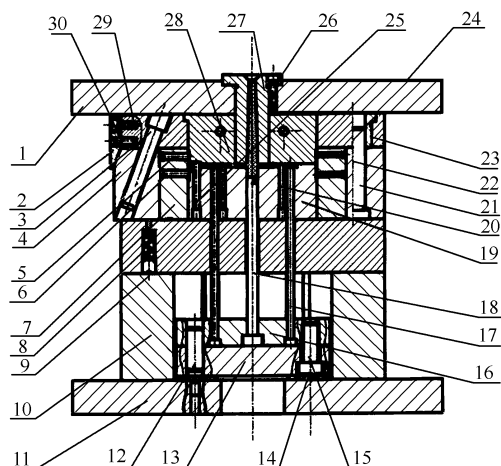
3. 成型方案分析与选择

根据塑料制件图可以看出，由于塑件本身形状较复杂，如采用一模四腔对称式摆放，考

虑到这样主流道较长，成型时间长，ABS 流动性中等，塑件熔料易凝固，影响塑件质量，所以采用一模两腔对称式摆放。

方案一：模具采用一模两腔，一次分型。

模具采用斜导柱和斜滑槽侧抽芯，采用侧浇口形式，采用推杆式脱模机构将塑件脱模，如图 6-23 所示。



1,11 座板；2—限位块；3—斜导柱；4—滑块；5,6,20,25—型芯；7—动模镶块；8—弹簧；9,12,15,22,30—定位销；10,14—垫块；13,16—固定板；17—顶杆；18—拉料杆；19,24,28—镶块；21—导柱；23—导套；26,29—螺钉；27—浇口套

图 6-23 方案一（一模两腔）

方案二：模具采用一模两腔，二次分型。

模具采用斜导柱侧抽芯，采用点浇口，采用推杆脱模机构，利用挂钩结构来控制中间板的移动距离。在拉钩的尾端加工锯齿，锯齿与摆钩相互作用实现先复位。成型方案优缺点分析见表 6-1。

表 6-1 成型方案优缺点分析

成型方案	优点	缺点
方案一	(1) 采用侧浇口，浇口易加工，修模方便； (2) 模具结构受力对称、均匀，模具不易磨损，一模两腔生产效率高，适合生产批量较大的场合； (3) 脱模结构采用推杆结构，塑件表面损伤小； (4) 采用定模镶块构成型腔，节省材料，而且加工也容易； (5) 镶块固定在定模上，容易保证配合精度	(1) 侧浇口会留下残留痕迹，影响塑件表面质量； (2) 侧浇口会形成熔接痕、缩孔、气孔等塑件缺陷，且注塑压力损失大，对深型腔塑件排气不便； (3) 侧抽处的精度较难保证
方案二	(1) 采用点浇口，有利于降低塑件黏度，提高流动性，有利于塑件填充，点浇口易于浇注系统的平衡，利于自动化操作，塑件浇口残留痕迹小； (2) 型腔由整体镶块组成，塑件表面质量好； (3) 塑件整体在一块板上，易于保证精度和质量	(1) 采用点浇口，不利于成型平薄、易变形、形状复杂的塑件； (2) 点浇口存在压力损失大的问题； (3) 分型面不是塑件最大外形处，不利于塑件从型腔中脱出； (4) 从塑件看出，塑件两边都需要侧抽，相对复杂

综合考虑两种成型方案的优缺点,根据塑料制品的生产批量是30万件,可以得出结论方案一最好,这里选取方案一来生产塑件。

4. 成型零件设计

成型零件工作尺寸计算:塑件尺寸未注公差按14级精度(SJ1372—78)给出。

1) 塑件尺寸分类(见图6-24)

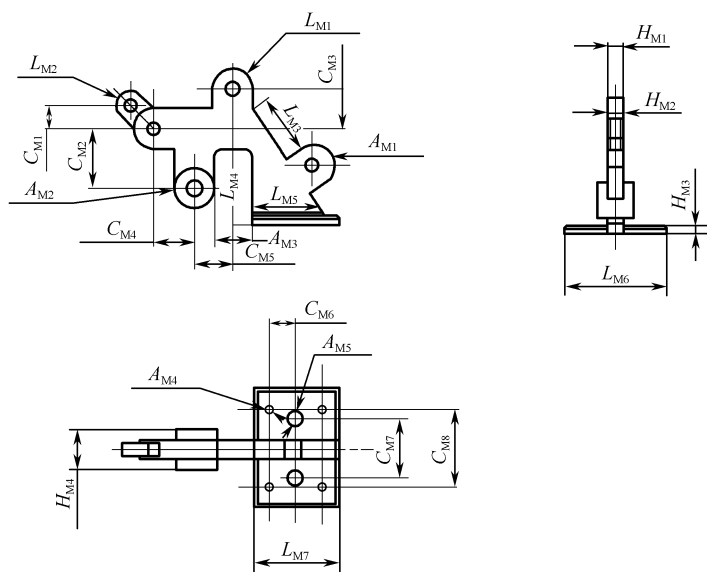


图 6-24 塑件尺寸分类

塑件孔径向尺寸: $A_{M1} = \phi 1.5^{+0.12}_0$ $A_{M2} = \phi 2^{+0.12}_0$

$A_{M3} = 5^{+0.14}_0$ $A_{M4} = \phi 1^{+0.12}_0$

$A_{M5} = \phi 2^{+0.12}_0$

塑件外形径向尺寸: $L_{M1} = R2.5^{+0.18}_0$ $L_{M2} = R1.8^{+0.12}_0$

$L_{M3} = 8^{+0.16}_0$ $L_{M4} = 9.5^{+0.16}_0$

$L_{M5} = 9.5^{+0.16}_0$ $L_{M6} = 15^{+0.2}_0$

$L_{M7} = 11^{+0.18}_0$

塑件外形深度尺寸: $H_{M1} = 2^{+0.12}_0$ $H_{M2} = 1.8^{+0.12}_0$

$H_{M3} = 1^{+0.12}_0$ $H_{M4} = 5^{+0.14}_0$

中心距尺寸: $C_{M1} = 2.82 \pm 0.12$ $C_{M2} = 7.5 \pm 0.16$

$C_{M3} = 5 \pm 0.14$ $C_{M4} = 10 \pm 0.16$

$C_{M5} = 5 \pm 0.14$ $C_{M6} = 3.5 \pm 0.14$

$C_{M7} = 8 \pm 0.16$ $C_{M8} = 10 \pm 0.16$

2) 工作尺寸计算

由手册中查得材料的成型收缩率为 0.3%~0.8%，这里取收缩率为平均收缩率 $S_{cp} = \frac{0.3\% + 0.8\%}{2} = 0.55\%$ ，取模具制造精度为 IT7 级。

型芯径向尺寸（依据塑件对应孔径向尺寸计算）：

$$A_{M-\delta_z}^0 = [(1 + S_{cp})A_s + x\Delta]_{-\delta_z}^0$$

式中 Δ ——塑件公差；

x ——系数，在塑件尺寸较大，精度级别较低时， $x=0.5$ ，在塑件尺寸较小，精度级别较高时， $x=0.75$ ，本塑件尺寸小，精度高，所以取 $x=0.75$ 。

把各尺寸代入公式得

$$A_{M1-\delta_z}^0 = [(1 + 0.55\%) \times 1.5 + 0.75 \times 0.12]_{-0.12/\sqrt{3}}^0 = 1.6_{-0.04}^0$$

$$A_{M2-\delta_z}^0 = [(1 + 0.55\%) \times 2 + 0.75 \times 0.12]_{-0.12/\sqrt{3}}^0 = 2.1_{-0.04}^0$$

$$A_{M3-\delta_z}^0 = [(1 + 0.55\%) \times 5 + 0.75 \times 0.14]_{-0.14/\sqrt{3}}^0 = 5.13_{-0.05}^0$$

$$A_{M4-\delta_z}^0 = [(1 + 0.55\%) \times 1 + 0.75 \times 0.12]_{-0.12/\sqrt{3}}^0 = 1.1_{-0.04}^0$$

$$A_{M5-\delta_z}^0 = [(1 + 0.55\%) \times 2 + 0.75 \times 0.12]_{-0.12/\sqrt{3}}^0 = 2.1_{-0.04}^0$$

型腔径向尺寸（依据塑件对应径向尺寸计算）：

$$L_M^{+\delta_z} = [(1 + S_{cp})L_s - x\Delta]_0^{+\delta_z}$$

把各尺寸代入上式得

$$L_{M1}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 2.5 - 0.75 \times 0.18]_0^{+0.18/\sqrt{3}} = 2.38_{+0.06}^0$$

$$L_{M2}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 1.8 - 0.75 \times 0.12]_0^{+0.12/\sqrt{3}} = 1.72_{+0.04}^0$$

$$L_{M3}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 8 - 0.75 \times 0.16]_0^{+0.16/\sqrt{3}} = 7.92_{+0.05}^0$$

$$L_{M4}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 9.5 - 0.75 \times 0.16]_0^{+0.16/\sqrt{3}} = 9.43_{+0.05}^0$$

$$L_{M5}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 9.5 - 0.75 \times 0.16]_0^{+0.16/\sqrt{3}} = 9.43_{+0.05}^0$$

$$L_{M6}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 15 - 0.75 \times 0.2]_0^{+0.2/\sqrt{3}} = 14.93_{+0.06}^0$$

$$L_{M7}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 11 - 0.75 \times 0.18]_0^{+0.18/\sqrt{3}} = 10.93_{+0.06}^0$$

型腔深度尺寸（依据塑件对应深度尺寸计算）：

$$H_M^{+\delta_z} = [(1 + S_{cp})H_s - x\Delta]_0^{+\delta_z}$$

把各尺寸代入公式得

$$H_{M1}^{+\delta_z} = [(1 + 0.55\%) \times 2 - 2/3 \times 0.12]_0^{+0.12/\sqrt{3}} = 1.93_{+0.04}^0$$

$$H_{M2}^{+\delta_z}_0 = [(1+0.55\%) \times 1.8 - 2/3 \times 0.12]^{+0.12/3}_0 = 1.73^{+0.04}_0$$

$$H_{M3}^{+\delta_z}_0 = [(1+0.55\%) \times 1 - 2/3 \times 0.12]^{+0.12/3}_0 = 0.93^{+0.04}_0$$

$$H_{M4}^{+\delta_z}_0 = [(1+0.55\%) \times 5 - 2/3 \times 0.14]^{+0.14/3}_0 = 4.94^{+0.05}_0$$

中心距尺寸（依据塑件中心距尺寸计算）：

$$C_M \pm \frac{\delta_z}{2} = (1 + S_{cp}) C_s \pm \frac{\delta_z}{2}$$

把各尺寸代入公式得

$$C_{M1} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 2.82 \pm \frac{0.12/3}{2} = 2.84 \pm 0.02$$

$$C_{M2} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 7.5 \pm \frac{0.16/3}{2} = 7.54 \pm 0.03$$

$$C_{M3} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 5 \pm \frac{0.14/3}{2} = 5.02 \pm 0.03$$

$$C_{M4} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 10 \pm \frac{0.16/3}{2} = 10.05 \pm 0.03$$

$$C_{M5} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 5 \pm \frac{0.14/3}{2} = 5.02 \pm 0.03$$

$$C_{M6} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 3.5 \pm \frac{0.14/3}{2} = 3.52 \pm 0.03$$

$$C_{M7} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 8 \pm \frac{0.16/3}{2} = 8.04 \pm 0.03$$

$$C_{M8} \pm \frac{\delta_z}{2} = (1+0.55\%) \times 10 \pm \frac{0.16/3}{2} = 10.05 \pm 0.03$$

模具上各成型零件的成型尺寸依据上述计算出来的对应尺寸给出。考虑到便于脱模要加脱模斜度，查阅资料得出 ABS 材料型腔脱模斜度为 $1^\circ 35'$ ，型芯脱模斜度为 $1^\circ 30'$ 。考虑到制品深度较大时，脱模斜度应选较小值，反之可选较大值，为保证开模时塑件首先脱离型腔，型腔的脱模斜度可以比型芯大一些。此塑件尺寸不大，精度为一般等级，由于模具采用拼接组合式型腔，型芯脱模斜度为 1° 。塑件内孔以小端为准，符合图纸要求，斜度由扩大方向取得，外形以大端为准，符合图纸要求，斜度由缩小方向取得。

3) 工作尺寸的校核

尺寸的校核是为了保证得到合格的制品，成型零件的最大尺寸根据最小收缩率计算，成型零件的最小尺寸根据最大成型收缩率计算，保证计算值在塑件的公差范围内。塑件尺寸 $L_{M6} = 15^{+0.06}_{-0.2}$ ，成型尺寸为 $L_{M6}^{+\delta_z}_0 = 14.93^{+0.06}_0$ ，得成型零件的最大工作尺寸为 14.99mm，最小尺寸为 14.93mm。

按最小成型收缩率（0.3%）计算：

$$14.93 \times (1 - 0.3\%) = 14.88$$

14.88 在塑件公差 $L_{M6} = 15_{-0.2}^0$ 范围内，合格。

按最大成型收缩率（0.8%）计算：

$$14.99 \times (1 - 0.8\%) = 14.87$$

14.87 在塑件公差 $L_{M6} = 15_{-0.2}^0$ 尺寸范围内，合格。

由于最大尺寸校核合格，可知其他成型尺寸也能够满足，校核过程略。

5. 侧抽芯机构设计与计算

在型腔中要成型的两个塑料制件都有两个方向侧分型与抽芯，水平方向的抽芯结构采用斜导柱导向结构和定位顶销定位机构，垂直方向上的侧抽芯结构也采用斜导柱导向结构，定位定距采用滑块。

1) 抽芯距离

由于塑件侧面孔需要侧抽芯，所以侧抽方向抽拔距离为 $S_1 = 1 + (2 \sim 3) = 3 \sim 4\text{mm}$ ，取 $S_1 = 4\text{mm}$ 。

2) 包紧力与抽拔力的计算

注射成型后，塑料制件在模具内冷却定型，由于体积的收缩，对型芯产生包紧力，塑件要在模腔中脱出就必须克服包紧力，同时要产生摩擦阻力。对于不带通孔的壳体类塑件，脱模时还要克服大气压力，如图 6-25 所示。

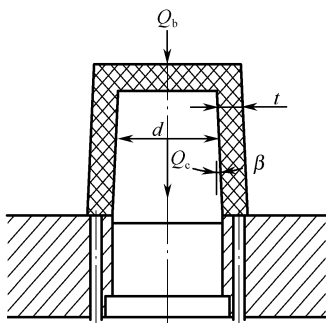


图 6-25 脱模力组成示意图

(1) 开模方向脱模力的计算。

脱模力

$$Q_e = Q_c + Q_b$$

式中 Q_c ——克服塑件对凸模的包紧力 (N)；

Q_b ——端封闭壳体需要克服的真空吸力 (N)。

其中，

$$Q_b = 0.1\text{MPa} \cdot A_b = 0.1 \times 8.45 = 0.845 \text{ (N)}$$

式中 A_b ——型芯的横断面面积 (mm^2)。

塑件壁厚的判断： $\lambda = \frac{c}{\pi} = \frac{25.12}{5\pi} = 1.6 \leq 10$ ，塑件为薄壁件。

$$\text{薄壁圆形凸模 } Q_{cy} = \frac{2\pi r_{cp} EShK_f}{(1+\mu+K_\lambda)\cos\beta}$$

式中 E ——塑料材料的拉伸弹性模量 (N/mm^2), 参考塑料模设计手册, 得 $E=2.8\sim 3.5\text{GPa}$;

S ——塑料的平均成型收缩率, 见塑料模设计手册, 得 $S=0.2\%\sim 0.6\%$;

μ ——塑料材料的泊松比, 见材料的泊松比表, 得 $\mu=0.35$;

β ——脱模斜度角, $\beta=1^\circ$;

h ——型芯脱模方向高度 (mm), $h=2\text{mm}$;

c ——圆形型芯断面周长 (mm), $c=25.12\text{mm}$ 。

$$\text{脱模斜度修正系数 } K_f = \frac{f \cos\beta - \sin\beta}{1+f \sin\beta \cos\beta}$$

式中 f ——塑件与刚表面的静摩擦系数, 见塑件摩擦系数表, $f=0.35\sim 0.45$ 。

$$\text{薄壁件计算因子 } K_\lambda = \frac{2\lambda^2}{\cos\beta + 2\lambda \cos\beta}$$

将各数据代入公式得

$$K_f = \frac{0.45 \times \cos 1^\circ - \sin 1^\circ}{1 + 0.45 \times \sin 1^\circ \times \cos 1^\circ} = 0.423$$

$$K_\lambda = \frac{2 \times 4.46^2}{\cos 1^\circ + 2 \times 4.46 \times \cos 1^\circ} = 4.01$$

$$\text{圆形型芯包紧力: } Q_{cy1} = 8 \times \frac{2\pi \times 1.5 \times 3.15 \times 10^3 \times 0.004 \times 2 \times 0.423}{(1+0.35+4.01)\cos 1^\circ} = 312 \text{ (N)}$$

$$Q_{cy2} = 2 \times \frac{2\pi \times 2 \times 3.15 \times 10^3 \times 0.004 \times 2 \times 0.423}{(1+0.35+4.01)\cos 1^\circ} = 25.35 \text{ (N)}$$

$$Q_{cy} = Q_{cy1} + Q_{cy2} = 312 + 25.35 = 337.35 \text{ (N)}$$

(2) 侧向分型抽拔力的计算。侧向抽拔力的计算与脱模力计算相同, 对于侧向凸起小的塑件, 抽拔力往往是比较小的, 仅仅是克服塑件与侧型腔的黏附力和侧型腔滑块移动时的摩擦力。

$$\begin{aligned} F_c &= Ap(\mu \cos\alpha - \sin\alpha) \\ &= 30 \times 0.2 \times 1 \times (2 \times 0.5\pi \times 1 \times 4 + 2 \times 1 \times \pi \times 2 \times 1) \\ &= 50.24\text{N} \end{aligned}$$

式中 μ ——塑料对钢的摩擦系数, 约为 $0.1\sim 0.3$;

A ——塑件包容型芯的表面积 (mm^2);

p ——塑件对型芯的单位面积上的包紧力 (MPa), 一般情况下, $p=24\sim 39\text{MPa}$, 取 $p=30\text{MPa}$ 。

3) 斜导柱截面尺寸的计算

斜导柱机构的受力分析见图 6-26。

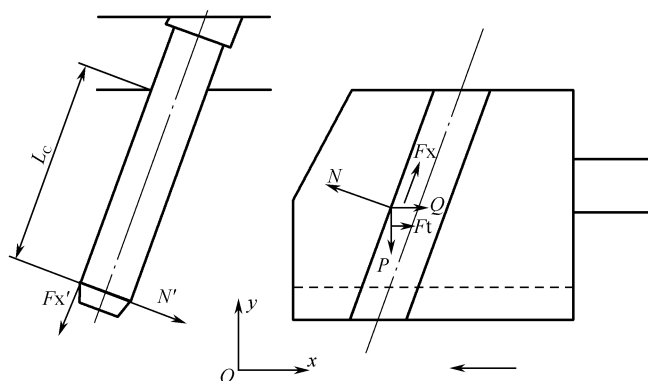


图 6-26 斜导柱机构的受力分析

(1) 斜导柱的直径设计。

$$d = \left(\frac{10F_c H_w}{[\sigma_w] \cos^2 \alpha} \right)^{1/3}$$

$$= \left(\frac{10 \times 50.24 \times 7.5}{140 \times 10^6 \cos^2 20^\circ} \right)^{1/3}$$

$$= 7 \text{ mm}$$

式中 F_c ——滑块抽拔力；

H_w ——滑块受的脱模力作用线与斜导柱固定板的距离；

$[\sigma_w]$ ——斜导柱所选材料的许用弯曲应力，对于 T10A， $[\sigma_w] = 140 \times 10^6 \text{ Pa}$ 。

(2) 斜导柱长度的计算。此模具侧分型抽芯都属于平面侧抽。平面侧抽时斜导柱总长和开模行程参数如图 6-27 所示。

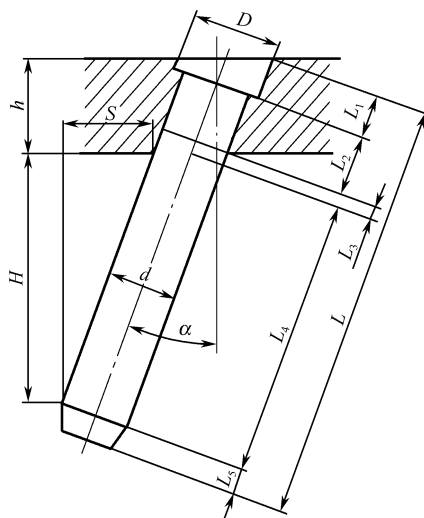


图 6-27 平面侧抽时斜导柱总长和开模行程参数

抽拔圆孔斜导柱的斜角为 $\alpha=20^\circ$ ，抽芯距离 $S=3\text{mm}$ ，斜导柱直径 $d=7\text{mm}$ ，斜导柱台阶直径 $D=9\text{mm}$ 。则斜导柱总长为

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ &= \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{S}{\sin \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + (5 \sim 10) \\ &= \frac{9}{2} \tan 20^\circ + \frac{16}{\cos 20^\circ} + \frac{3}{\sin 20^\circ} + \frac{7}{2} \tan 20^\circ + (5 \sim 10) \\ &= 31.38 + (5 \sim 10) \text{mm} \end{aligned}$$

取 $L=40\text{mm}$ 。

式中 L ——斜导柱总长 (mm)；

D ——斜导柱固定部分台肩直径 (mm)；

S ——抽拔距离 (mm)；

α ——斜导柱斜角 ($^\circ$)。

4) 导滑槽的设计

滑块采用 T 形滑槽导向，加工方便且刚性好。导向结构上下与左右方向只能有一个动配合尺寸，其余均为 0.75mm 左右的间隙，参见图 6-28。水平方向定位结构采用楔紧块，见图 6-29。

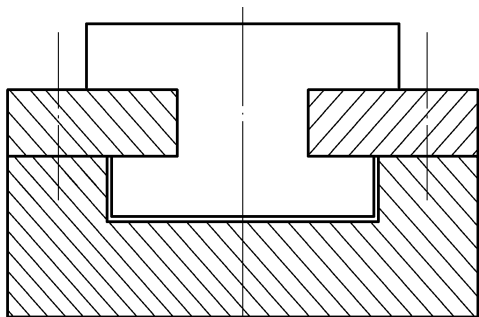


图 6-28 T 形滑槽

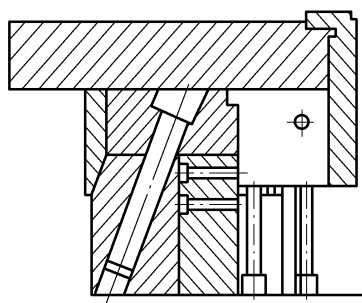


图 6-29 水平方向定位结构

5) 侧型芯与滑块的连接形式

考虑到塑件不大，型腔与侧滑块也不大，这里采用固定板固定的方法，用于多个型芯的连接，可先把型芯镶入一固定板后，用螺钉、销钉与滑块连接和定位。各型腔、型芯的尺寸见相应的图纸，图纸中有详细标注。

6) 斜导柱滑块、锁紧楔的设计

斜导柱滑块与锁紧楔的配合设计参照图 6-30。

(1) 滑块导滑部分尺寸的确定。这里导滑部分只承受滑块本身的重力作用。由于滑块结构尺寸不大，导滑槽受到重力的影响很小。但是，需要考虑到对滑块上的导滑孔的影响，所以导滑部分的尺寸做得大一些，滑块导滑部分结构与尺寸参见图 6-31。

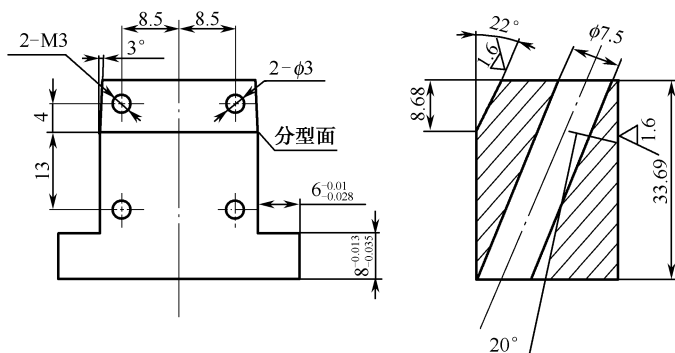


图 6-30 斜导柱滑块与锁紧楔的配合设计

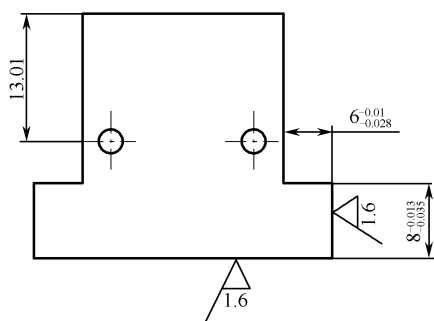


图 6-31 滑块导滑部分结构与尺寸

(2) 滑块宽度的确定。滑块参与型腔的成型，侧抽芯部分最大宽度为 10.93mm，考虑到型腔要有一定壁厚，而滑块参与型腔的成型，从而保证了壁厚，滑块的宽度需保证满足型腔和固定的螺钉、销钉的需要，选取宽度为 24mm。根据规定选取伸进到滑槽的宽度为 6mm，因此滑块下部分宽为 $24+6\times 2=36\text{mm}$ ，滑块的高和凹模板的高都定为 33.69mm，滑块的导滑配合部分高根据规定取 8mm，使滑块滑动更平稳，模具更美观紧凑。滑块的其他尺寸在此不再赘述。

(3) 锁紧楔的设计。锁紧楔在注射过程中使侧滑块紧密闭合，要有足够的刚性。锁紧楔的结构形式有三种：整体式、镶嵌式和装配式。

整体式：利用定模板直接加工出锁紧楔。锁紧工作面大，能承受较大的侧压力，锁紧可靠性好。但需要大面积模板，切削耗钢多。

镶嵌式：这种锁紧楔可以减小定模板厚度，结构紧凑且牢靠，刚性也好。多数采用淬硬钢制造，在定模板面积较大时可用中间镶入结构；定模板面积较小时可用 T 形槽式镶入结构。

装配式：对于小型模具，模板面积小，侧压力又不大时可用装配式锁紧楔。其加工和修配容易，但刚性差，易松动，用螺钉和定位销固定，螺钉承受很大的拉力。

综合考虑各种锁紧楔形式的优缺点，该模具为小型模具，所以设计采用装配式锁紧楔。装配式锁模结构如图 6-32 所示。

(4) 装配式锁紧楔的刚性计算。锁紧楔受力分析参见图 6-33。锁紧楔的锁紧角 α' 应大于斜导柱的安装角 α ，以使在开模瞬时锁紧楔能领先脱离侧滑块。在复位时，由于斜导柱与滑块间距为大间隙，侧滑块有滞后现象。为避免闭合时锁紧楔与滑块斜面的干涉撞击， α' 应满足

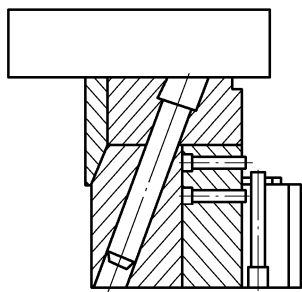


图 6-32 装配式锁模结构

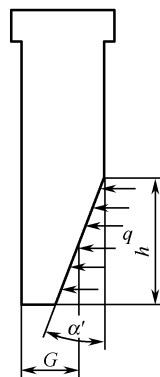


图 6-33 锁紧楔受力分析

$$\tan \alpha' \geq \tan \alpha + \frac{2c}{h \cos \alpha}$$

整理得

$$\alpha' \geq \arctan \left(\tan \alpha + \frac{2c}{h \cos \alpha} \right)$$

斜导柱安装角 $\alpha = 20^\circ$ 时，对应的锁紧楔的锁紧角 α' 为

$$\alpha' \geq \arctan \left(\tan 20^\circ + \frac{2 \times 0.375}{30 \times \cos 20^\circ} \right) = 20.14^\circ$$

取 $\alpha' = 22^\circ$ 。

锁紧楔受力中点厚度的计算：

$$G \geq \left(\frac{3Ph^3}{2EB[\delta]} \right)^{1/3}$$

式中 B ——锁紧楔宽度 (mm) 这里 $B = 24\text{mm}$;

E ——钢的弹性模量, $2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$;

$[\delta]$ ——锁紧楔许用变形量, 取 0.05mm ;

P ——锁紧楔所受侧压力 (N)。

$$P = qh = P_c A$$

式中 P_c ——最高型腔压力 (N/mm^2);

A ——熔体对滑块的作用面积 (mm^2), 这里熔体对滑块的作用面积近似等于侧型芯的端面面积。

$$G_2 \geq \left(\frac{3 \times 40 \times (24 \times 25.49 - \pi \times 1.5^2 \times 4) \times 30}{2 \times 2.1 \times 10^5 \times 24 \times 0.05} \right)^{1/3} = 2.5\text{mm}$$

6. 浇口设计

浇口是塑料熔体进入型腔的阀门, 对塑料制件有决定性的影响。因而浇口类型与尺寸、浇口位置与数量便成为浇注系统设计中的关键。

通常浇口可分为大浇口和小浇口两类。前者也称为非限制浇口, 属于直浇口; 后者也称为限制性浇口或内浇口, 常用的有侧浇口、点浇口、重叠式浇口、扇形浇口等。侧浇口截面

形状易于加工和调整修正, 且对塑件外观质量影响小, 所以选用侧浇口。浇口长度 $L=0.5\sim 1.5\text{mm}$ 。浇口深度根据经验公式计算。

$$h = nt$$

式中 h ——侧浇口深度 (mm);

t ——塑件厚度 (mm);

n ——塑料材料系数, ABS 塑料的材料系数为 0.6。

将数值代入公式得: $h=0.6\times 2=1.2\text{mm}$, 而中小型件 $h\approx 0.5\sim 2\text{mm}$, 由塑件浇口痕迹取 $h=0.5\text{mm}$ 。

浇口宽度的经验公式为

$$W = \frac{n\sqrt{A}}{30}$$

式中 W ——浇口宽度 (mm);

A ——型腔表面积, 即塑件表面积 (mm^2), $A=1\,207.69\text{mm}^2$;

n ——塑料材料系数, 值同上。

将数值代入公式得: $W = \frac{0.6\times \sqrt{1\,207.69}}{30} = 0.7\text{mm}$, 取 $W=1\text{mm}$ 。侧浇口的结构尺寸参见图 6-34。

7. 推杆的布置位置

合理布置推杆的位置是推出机构设计中的重要工作之一, 推杆的位置分布得合理, 塑件就不至于产生变形或破坏。结合塑件结构和塑件上的推杆痕迹, 可以布置推杆的位置。推杆的摆放位置如图 6-35 所示。

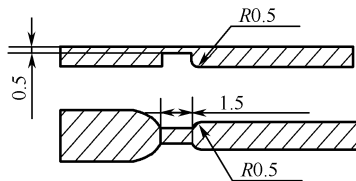


图 6-34 侧浇口的结构尺寸

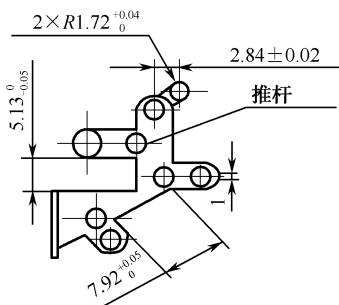


图 6-35 推杆的摆放位置

8. 模具总体结构设计

确定塑料模具的长宽尺寸时, 首先要知道动模板的长宽尺寸。其中动模板的长宽尺寸主要与设置的型腔数、型腔的摆放方式和侧抽芯距离等有关。

1) 动模板的长宽尺寸的确定

模具采用一模两腔结构, 在模板的长度方向有侧抽芯。计算模板长宽尺寸时应该考虑到塑件的尺寸、抽拔距离和滑块的长度等。

模板长边尺寸的粗略计算: $L=2\times (35.2+8+19.3+1.5+8)=144\text{mm}$ 。滑块的长度为 34.2mm, 分流道长度为 8mm, 塑件的短边尺寸为 18.54mm, 浇口长度为 1.5mm, 主流道的半径为 2.5mm。

再考虑到放置螺钉、销钉、复位杆等,参阅模架标准,选 125×125 系列。动模板的结构设计见图 6-36。

2) 模板厚度的确定

前面已经计算了型腔底板的厚度,这里还需要在动模板上加工 T 形导滑槽和侧抽芯部分。动模板的厚度取值 33.69mm。

(1) 支承板厚度的确定。型芯垫板如图 6-37 所示。

F_1 为型腔充满后作用在推板上的熔体压力,进而转化到支承板上。这里考虑分流道和冷料井等的投影面积,因为相对塑件来说它们的面积不可以忽略,故塑件在分型面上的投影面积约为

$$A = 223 \times 2 + 2\pi \times 2.5^2 + 2 \times 2 \times 8 = 517.25 \text{ mm}^2$$

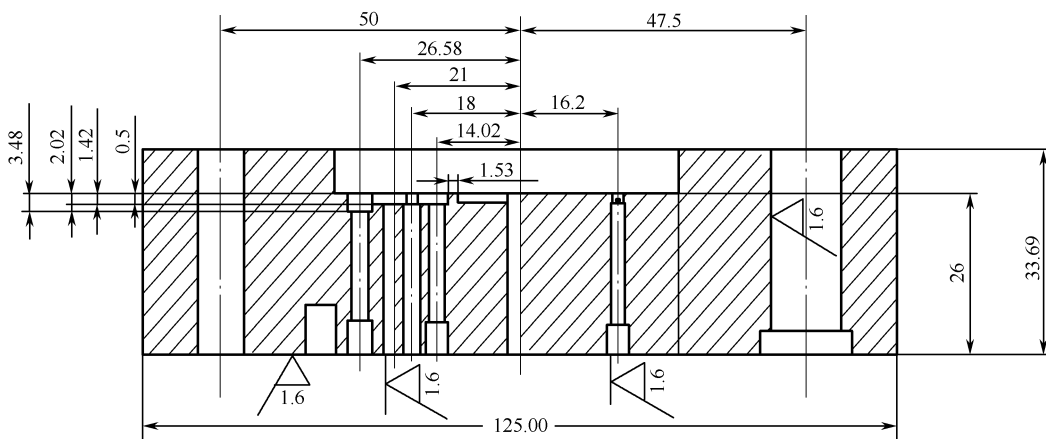


图 6-37 型芯垫板

注射压力为: $P=100\text{MPa}$ 。

于是

$$F_1 = PA = 100 \times 517.25 = 51\,725 \text{ N}$$

简支梁在受外力作用发生弯曲变形时的最大形变量公式为

$$\delta_{\max} = \frac{Fb(l^2 - b^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3}EI}$$

式中 F ——所受外力, $F=F_1=51\,725\text{N}$;

b ——力的作用点距支点的距离, $b=(125-61) \times \frac{1}{2} = 32\text{mm}$;

E ——弹性模量,支承板的材料为 45 号钢, $E=2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$;

L ——跨距, $l=125\text{mm}$;

I ——抗弯截面系数, $I = \frac{\text{梁宽} \times \text{梁高}^3}{12} = \frac{\text{梁宽} \times \text{梁高}^2}{6} = \frac{125 \times H^2}{6}$ 。

共有两个力作用,叠加后要乘 2,得到

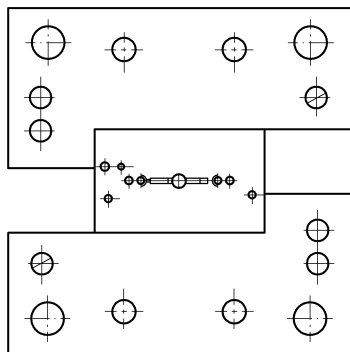


图 6-36 动模板的结构设计

$$0.01 \geq 2 \times \frac{51725 \times 64 \times (125^2 - 64^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3} \times 2.1 \times 10^{11} \times \frac{125 \times H^2}{12} \times 125}$$

解得 H 值。

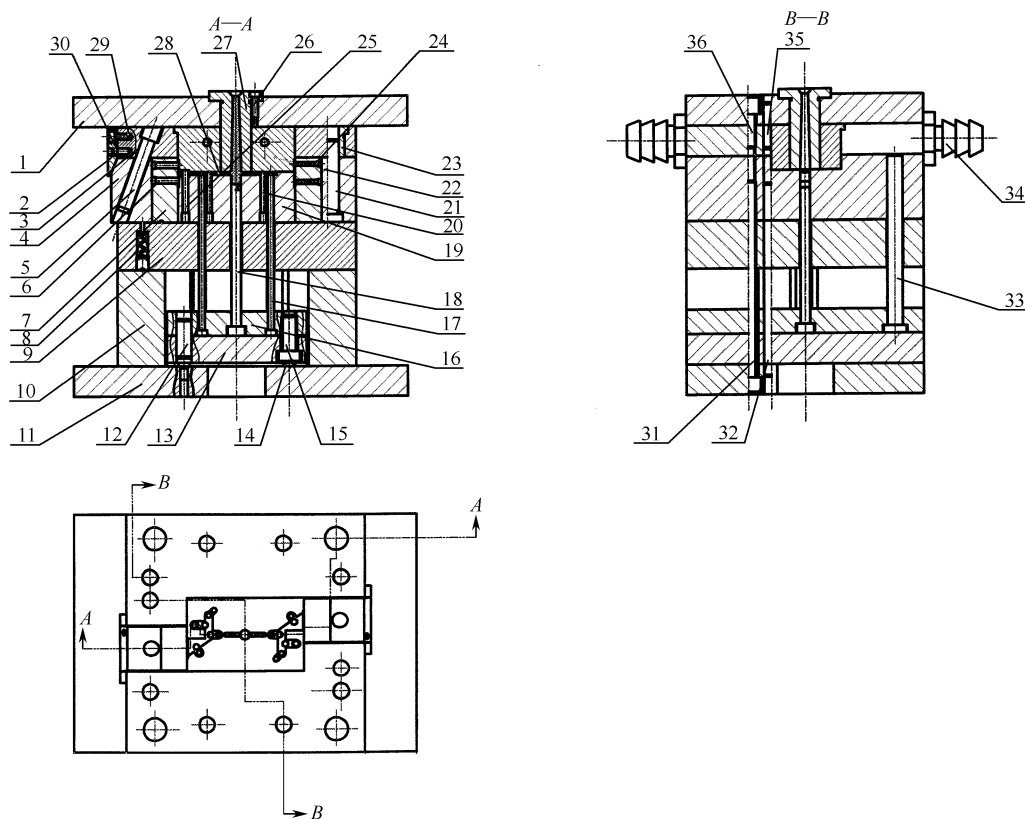
参照标准模架的参数和模具, 选取型芯垫板厚度为 33.69mm。

(2) 垫块高度的确定。垫块高度要满足推杆把塑件脱模的行程, 根据前面内容, 推杆的推出行程为 9.99mm, 顶板和推杆固定板的厚度根据 125×125 模架标准选取, 选择标准垫块高 100mm。

因此主要零件的尺寸(长×宽×厚)为:

动模座板: 180×125×16; 定模座板: 180×125×16; 垫块: 25×125×40; 顶板: 73×125×16; 推杆固定板: 73×125×12.5; 支承板: 125×125×25; 定模板: 125×125×26; 动模板: 125×125×33.69。

(3) 模具的闭合高度。模具的闭合高度为: 定模座板厚度+动模座板厚度+垫块高度+支承板厚度+定模板厚度+动模板厚度, 即 $16+16+40+25+26+33.69=156.69\text{mm}$ 。支架件注射模见图 6-38。



1—座板; 2—限位块; 3—斜导柱; 4—滑块; 5,6,20,25—型芯; 7—动模镶块; 8—弹簧; 9,12,15,22,30,32,35—定位销;
10,14—垫块; 11—座板; 13,16—固定板; 17—顶杆; 18—拉料杆; 19,24,28—镶块; 21—导柱; 23—导套; 26,29,31,36—螺钉;
27—浇口套; 33—复位杆; 34—水嘴

图 6-38 支架件注射模

6.1.3 馈圆夹件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

如图 6-39 所示, 塑件的材料为 ABS, 用途为开关钮, 外形较复杂, 厚度为 3mm, 未注圆角为 1mm, 塑件要求有一定的强度, 以免受力损坏或变形。制件的外观要求粗糙度取 $Ra\ 6.3\mu m$ 。

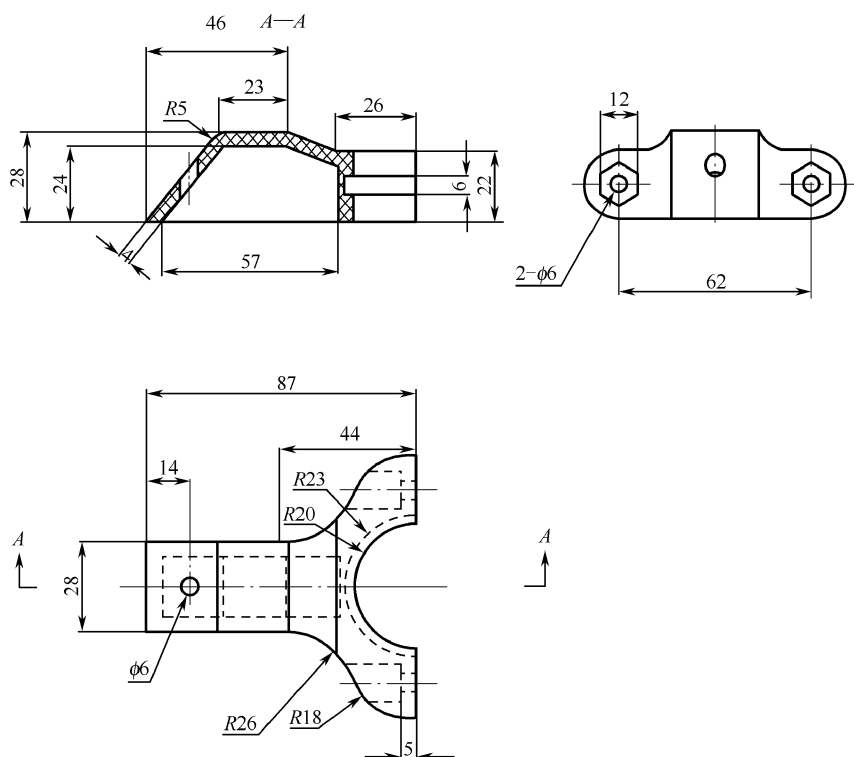
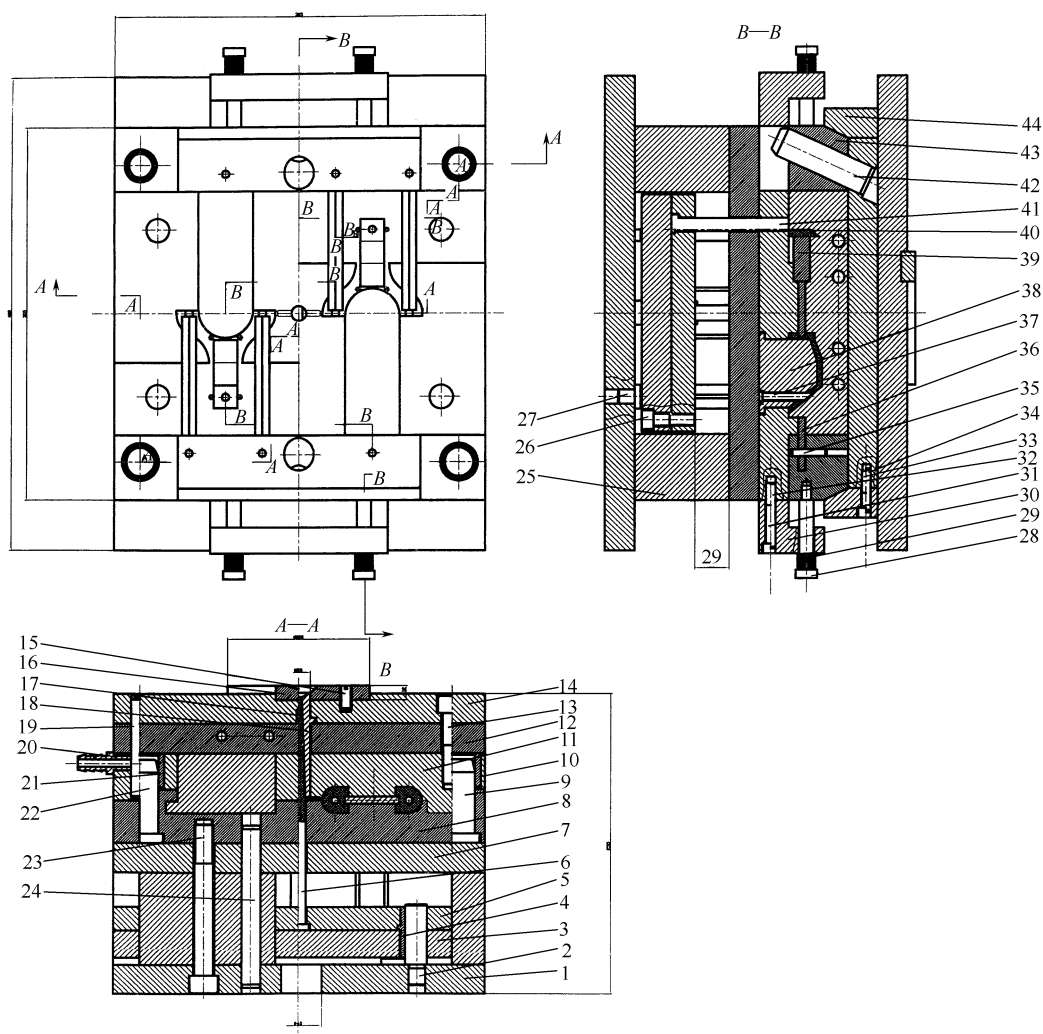


图 6-39 馈圆夹塑件

2. 馈圆夹塑件注射模设计

采用斜导柱完成侧抽芯, 16 根推杆保证推件的可靠性。采用一模两腔结构, 侧浇口开在塑件内侧, 不影响塑件质量。模具采用四条冷却水道, 在定模冷却塑件, 模具结构见图 6-40。模具工作过程为: 模具在注射机开模机构作用下打开, 动、定模在分型面处分型。在拉料杆作用下, 浇口凝料及塑件由定模内被拉出, 到达限定位置后, 注射机顶出机构施加给顶板顶出力, 顶板带动推杆推出塑件。



1,7,12—座板; 2,9—导柱; 3,5,14—固定板; 4,10,21—导套; 6—拉料杆; 8—动模板; 11,25,36,37,38,39—型芯;
13,23,26,28,31,33—螺钉; 15,19,32,34,35—定位销; 16—定位板; 17—凝料; 18—浇口套; 20—水嘴; 22—导柱销;
24,27—销钉; 29—弹簧; 30—挡块; 40—型腔; 41—复位杆; 42—斜导柱; 43—滑块; 44—限位块

图 6-40 热室压铸模

6.1.4 医用镊子注射模设计

1. 塑件工艺性分析

塑料镊子如图 6-41 所示, 塑件的材料为 ABS, 用途为医用镊子, 外形较细长且薄, 厚度 2mm, 未注圆角为 1mm, 塑件要求有一定的强度, 以免受力损坏或变形。制件的外观要求粗糙度取 $Ra\ 6.3\mu m$ 。塑件形状与结构要求对成型非常不利。

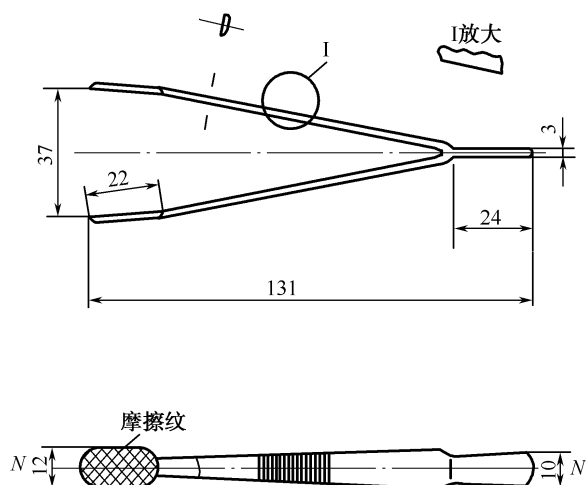
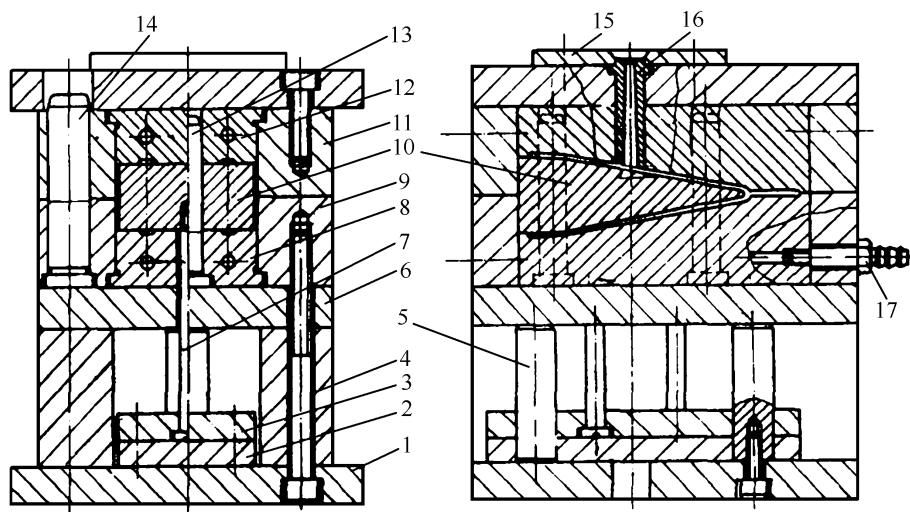


图 6-41 塑料镊子

2. 成型模具的设计

如图 6-42 所示, 由于分型距离短, 制造工艺复杂, 且不易冷却, 选用分瓣开模分型结构。塑件在模具中横放, 分型面选择在 $N-N$ 面上, 优点是保证顺利成型, 缺点是该结构会在分型面上产生飞边, 不易修复, 塑件侧面有顶杆痕等缺陷。



1—底板; 2,4,6—垫板; 3,9,11—固定板; 5,13,14—导柱; 7—拉料杆;
8,10—动模镶块; 12—水道; 15—定位环; 16—浇口套; 17—水嘴

图 6-42 模具结构

6.1.5 斜管支架注射模设计

1. 塑料制品的结构工艺性分析

该塑料制品的结构尺寸如图 6-43 所示, 该塑料制品的尺寸并不大, 结构较为复杂, 有 60° 的斜管, 同时也需要侧抽芯。制品的平均壁厚为 4mm, 要求的精度一般。表面质量要求表面无划痕。

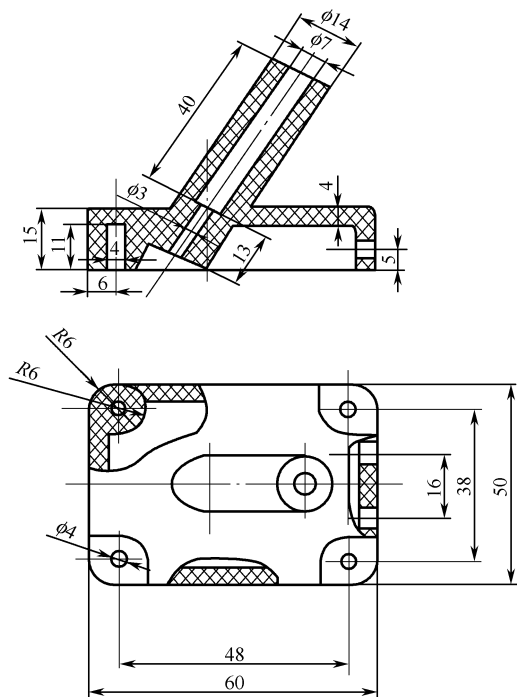


图 6-43 斜管支架

为了便于塑件从模具型腔中取出或从塑件中抽出型芯, 必须考虑塑件内外形应具有足够的脱模斜度, 本制品要求型芯从塑料制品中顺利脱出及塑料制品从型腔中顺利脱出, 所以在型芯上与型腔内都设置脱模斜度。

为了避免引起应力集中和降低制品的强度, 不能设计成尖角, 在轮廓过渡和壁厚过渡处, 必须用圆角过渡, 而且型腔也设计为圆角, 有利于塑料熔体的流动, 制品壁厚处过渡圆角半径为 1mm。

2. 成型方案的确定

1) 方案一

工作过程: 一次分型时, 制件及浇道中的废料从浇口套中脱出, 同时在拉料杆和型芯的作用下剪除废料。二次分型时, 型芯从制件的前端抽出, 制件完成和动、定模之间的分离, 侧抽芯完成。斜分型开始, 在斜料杆的作用下动模镶块从动模中拔离, 紧接着卸料板也被拔离并完成卸料。复位时, 动模部分在限位机构和复位弹簧的作用下先闭合, 接着是定模部分闭合, 最后动、定模闭合, 复位完成。

这种方案是一模四腔结构。由于齿轮轴要从两个方向抽芯, 所以要并排布置型腔, 但在

实际生产中模具装在注射机上时,斜滑块是上下放置的。由于斜滑块和镶块的自身重力比较大,定位器很难保证有效定位。另外型芯的台阶面直径与制件的上部轴径相等,由于塑件的溢边值很小,所以容易发生溢边现象。镶块和斜滑块做成镶块的形式并没有使加工简单,而且还要用键连接,不如做成整体的哈夫块形式。

2) 方案二

此方案是将复位用的弹簧和侧抽芯用的滑槽改成了由单片机控制的气泵。不再使用纯机械的联动,从而使模具结构简单化,同时也提高了模具的精度。

综合考虑模具设计与制造成本,方案一的设计更为合理。成型方案如图 6-44 所示,其中件号、名称见图 6-47。

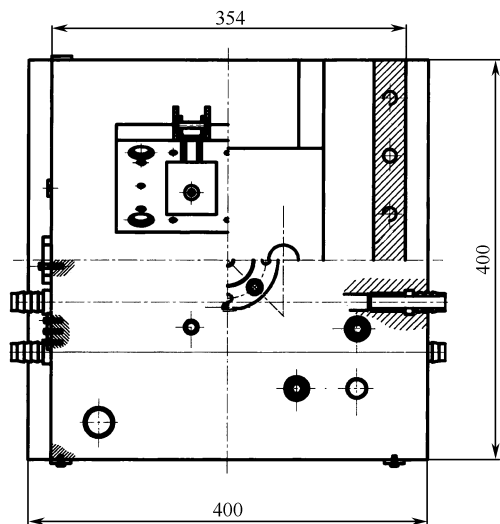


图 6-44 成型方案

3. 浇口的设计

浇口是连接分流道与型腔的进料通道,是浇注系统中截面最小的部分,其作用是使熔料通过浇口后产生加速度,从而迅速充满型腔,接着浇口处塑料首先冷却,封闭型腔,防止熔料倒流,成型后浇口处凝料最薄,利于与塑件分离。

如果该支架采用直浇口,则浇口与制品接触的地方会由于接触面积很大,产生缩孔、缩松,另外还会给去除浇口带来困难,因此采用侧浇口。

侧浇口又称为普通浇口,侧浇口在一个制品上可以开设一个,也可开设多个,该支架开设一个。侧浇口的主要特点是形状比较简单,加工比较方便,修正浇口也比较容易。

侧浇口的参数分别为浇口长度 l 、浇口厚度 h 、浇口宽度 b 。中、小型零件 $l=0.5\sim 0.8\text{mm}$,本塑件取 0.5mm 。 h 主要取决于制品的厚度,一般取壁厚的 0.5 倍,本塑件取 1mm 。对于中、小型制品, $b=1\sim 2\text{mm}$,塑件取 2mm 。

4. 成型零件刚度和强度校核

塑料熔体在向型腔填充的过程当中,型腔所承受的压力逐渐增大,当型腔全部被充满的瞬间,型腔内的压力达到最大值,然后随着塑料熔体的冷却,压力逐渐降低,塑料完全固化后,型腔内的压力降至常压。在这一过程中,模具型腔的各个承压面(型腔侧壁、底板或支

承板) 必须具有足够的刚度和强度, 以防止模具型腔在高压下产生变形或破坏。因此, 设计模具时必须对型腔的侧壁、底板或支承板进行刚度和强度校核。模具型腔的侧壁、底板或支承板的刚度校核是为了控制其变形量, 以保证熔体塑料在填充的过程中不产生溢边及保证制品的壁厚尺寸和保证制品能顺利脱模。其最大的变形量应该小于或等于制品的壁厚的收缩量或塑料不产生溢边的最大允许间隙。理论分析和生产实际证明, 在塑料熔体的作用下, 小尺寸模具主要是强度问题, 首先要防止塑性变形和断裂破坏, 因此, 用强度条件计算公式进行型腔壁厚和垫板厚度的设计计算, 再用刚度条件进行校核。

整体式圆形型腔侧壁厚度计算如下。

$$\text{强度计算: } S=r\left[\left(\frac{[\sigma]}{[\sigma]-2P}\right)^{\frac{1}{2}}-1\right]$$

式中 S ——圆形型腔侧壁厚度;

r ——型腔半径, 可取塑件半径;

P ——型腔压力;

$[\sigma]$ ——模具材料许用应力。

$$S=17\times\left[\left(\frac{800}{800-2\times35}\right)^{\frac{1}{2}}-1\right]=0.79\text{mm}$$

整体式圆形型腔底板厚度计算如下。

$$\text{强度计算: } h=0.87r\left(\frac{P}{[\sigma]}\right)^{\frac{1}{2}}=0.87\times15\times\left(\frac{35}{800}\right)^{\frac{1}{2}}=2.73\text{mm}$$

型腔侧壁厚为 5mm, 底板厚为 10mm, 满足要求。

5. 工作尺寸的计算

成型零部件工作尺寸的计算可按平均收缩率和按公差带计算, 现按塑料平均收缩率为基准计算。从塑料成型工艺及模具简明手册中可查到 PA1010 塑料的收缩率 $S=1.3\%\sim2.3\%$, 取 $S=1.5\%$ 。

1) 型腔的径向尺寸

假设制品的成型收缩率和型腔径向尺寸的制造偏差及磨损量均为其平均值, 由公式得

$$L_M=(L_s+L_sS_{cp}-\chi\Delta)^{+\delta_z}_0$$

式中 L_M ——型腔的径向尺寸;

L_s ——制品外形的的基本尺寸或最大的极限尺寸;

S_{cp} ——塑件的平均收缩率;

χ ——修正系数, 一般为 $1/2\sim3/4$, 公差最大时取小值, 对中小型塑件一般取 $3/4$;

Δ ——塑件的公差;

δ_z ——成型零件的制造公差, 在实际生产中一般要求 δ_z 不大于制品的尺寸公差 Δ 的 $1/3$ 。

因此:

$$L_{M1}=[(1+0.015)\times25-0.75\times0.94]^{+\delta_z}_0=24.67^{+0.021}_0\text{mm}$$

$$L_{M2} = [(1+0.015) \times 22 - 0.75 \times 0.82]_0^{+\delta_z} = 21.72_{-0}^{+0.021} \text{ mm}$$

$$L_{M3} = [(1+0.015) \times 30 - 0.75 \times 1]_0^{+\delta_z} = 29.70_{-0}^{+0.021} \text{ mm}$$

$$L_{M4} = [(1+0.015) \times 34 - 0.75 \times 1]_0^{+\delta_z} = 33.76_{-0}^{+0.025} \text{ mm}$$

$$L_{M5} = [(1+0.015) \times 32 - 0.75 \times 1]_0^{+\delta_z} = 31.73_{-0}^{+0.025} \text{ mm}$$

2) 型腔的深度

由模具结构设计所列的公式为

$$H_M = (H_s + H_s S_{cp} - \chi' \Delta)_0^{+\delta_z}$$

式中 H_M ——型腔深度 (mm);

H_s ——塑件高度的基本尺寸;

χ' ——修正系数, 一般为 $1/2 \sim 2/3$, 当制品的尺寸较大, 精度较低时取小值。

因此:

$$H_{M1} = \left[(1+0.015) \times 16 - \frac{2}{3} \times 0.68 \right]_0^{+\delta_z} = 15.79_{-0}^{+0.018} \text{ mm}$$

$$H_{M2} = \left[(1+0.015) \times 42 - \frac{2}{3} \times 1.2 \right]_0^{+\delta_z} = 41.83_{-0}^{+0.025} \text{ mm}$$

$$H_{M3} = \left[(1+0.015) \times 38 - \frac{2}{3} \times 1 \right]_0^{+\delta_z} = 37.9_{-0}^{+0.025} \text{ mm}$$

$$H_{M4} = \left[(1+0.015) \times 18 - \frac{2}{3} \times 0.82 \right]_0^{+\delta_z} = 17.72_{-0}^{+0.021} \text{ mm}$$

$$H_{M5} = \left[(1+0.015) \times 12 - \frac{2}{3} \times 0.72 \right]_0^{+\delta_z} = 11.70_{-0}^{+0.018} \text{ mm}$$

3) 型芯的径向尺寸

$$L_M = (L_s + L_s S_{cp} - \chi \Delta)_{-\delta_z}^0$$

式中 L_M ——型芯的径向尺寸;

L_s ——制品外形的基本尺寸或最小的极限尺寸。

因此:

$$L_{M1} = [(1+0.015) \times 12 + 0.75 \times 0.72]_{-\delta_z}^0 = 12.72_{-0.018}^0 \text{ mm}$$

$$L_{M2} = [(1+0.015) \times 4 + 0.75 \times 0.56]_{-\delta_z}^0 = 4.48_{-0.012}^0 \text{ mm}$$

$$L_{M3} = [(1+0.015) \times 10 + 0.75 \times 0.64]_{-\delta_z}^0 = 10.63_{-0.018}^0 \text{ mm}$$

4) 型芯的高度尺寸

$$H_M = (H_s + H_s S_{cp} - \chi' \Delta)_{-\delta_z}^0$$

式中 H_M ——型芯的高度 (mm);
 H_s ——塑件孔深基本尺寸 (mm)。

因此:

$$H_{M1} = [(1+0.015) \times 36 + 0.67 \times 1]_{-\delta_z}^0 = 37.21_{-0.025}^0 \text{ mm}$$

$$H_{M2} = [(1+0.015) \times 5 + 0.67 \times 0.56]_{-\delta_z}^0 = 5.45_{-0.012}^0 \text{ mm}$$

$$H_{M3} = [(1+0.015) \times 47 + 0.67 \times 1.2]_{-\delta_z}^0 = 48.51_{-0.025}^0 \text{ mm}$$

6. 脱模机构设计

1) 脱模机构的结构

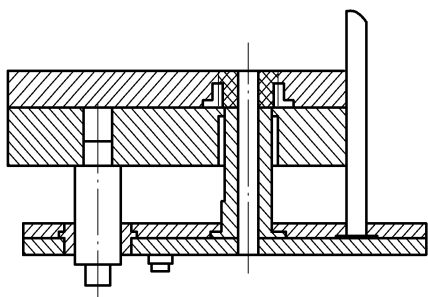


图 6-45 脱模机构的结构

脱模机构的结构主要由七部分组成, 如图 6-45 所示。对脱模机构的要求如下。

(1) 塑件留于动模。模具的结构应保证塑件在开模过程中留在具有脱模装置的半模上, 即动模上。若因塑件几何形状关系, 不便留在动模时, 应考虑对塑件的外形进行修改或在模具结构上采取强制留模措施。若实在不易处理, 则应在另一半模上, 即定模上设脱模装置。

(2) 塑件不变形损坏。要保证塑件在脱模过程中不变形, 这是脱模机构应该达到的基本要求。要做到

这一点, 首先必须正确地分析塑件对模腔的附着力的大小和所在部位, 以便选择合适的脱模方式和脱模位置, 使脱模力得以均匀合理地分布。

由于塑件收缩时包紧型芯, 因此顶出力作用点应尽可能靠近型芯。同时顶出力应施于塑件刚度、强度最大的部位, 作用面积也应尽可能大一些。

塑件与型腔的附着力多由塑件收缩引起, 它与塑料的性能、塑件的几何形状、模具温度、冷却时间、脱模斜度及型腔的表面粗糙度有关, 即收缩率大, 壁厚, 型芯形状复杂, 脱模斜度小及型腔粗糙度低时, 脱模阻力大, 反之就小。因此应综合上述因素来确定脱模零件的结构尺寸。

(3) 良好的塑件外观。顶出塑件的位置应尽量设在塑件内部, 以免损伤塑件外观。

(4) 结构可靠。脱模机构要工作可靠、运动灵活、制造方便和配换容易。

2) 脱模力计算

塑件在模具中冷却定型时, 由于体积收缩, 尺寸逐渐缩小, 而将型芯与凸模包紧, 在塑件脱模时必须克服这一包紧力。对于不带通孔的壳体类塑件, 脱模时还要克服大气压力。此外, 尚需克服机构本身运动的摩擦阻力及塑件和钢材之间的黏附力。

开始脱模的瞬间所要克服的阻力最大, 称为初始脱模力, 以后脱模所需的力称为相继脱模力, 后者要比前者小, 所以计算脱模力时, 总是计算初始脱模力。

制品的脱模力公式为

$$F = \frac{2\pi r E S l (f - \tan \varphi)}{(1 + \mu + k_1) k_2} + 0.1 A$$

式中 k_1 ——无因次系数, 随着 λ 和 φ 而异, $\lambda = \frac{r}{\delta}$, $k_1 = 2\lambda^2 / (\cos^2 \varphi + 2\lambda^2 \cos \varphi)$;

k_2 ——无因次系数, $k_2=1+f \sin \varphi \cos \varphi \approx 1$;

r ——型芯的平均半径 (mm);

S ——塑料的平均成型收缩率 (%);

E ——塑料的弹性模量, $E=2.1 \times 10^5 \text{Pa}$;

l ——制品对型芯的包容长度 (mm);

f ——制品与型芯之间的摩擦系数, 常取为 0.1~0.2;

φ ——模具型芯的脱模斜度 ($^\circ$), $\varphi=1^\circ$;

μ ——塑料的泊松比, $\mu=0.3$;

δ ——制品的壁厚, $\delta=6\text{mm}$ 。

因此:

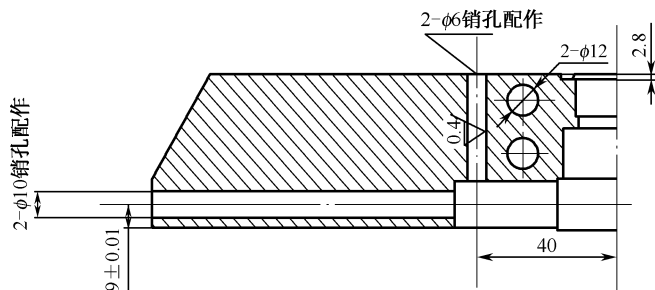
$$\lambda = \frac{r}{\delta} = \frac{6}{6} = 1$$

$$k_1 = 2 \times \frac{l^2}{\cos^2 1^\circ + 2 \times l^2 \cos 1^\circ} = 0.667$$

7. 斜导柱分型与抽芯机构

1) 斜导柱分型与抽芯机构的结构

斜导柱抽芯机构主要由与模具开模方向成一定角度的斜导柱与滑块组成。如图 6-46 所示为滑块。



材料 P20 淬火硬度 HRC55~58, 导滑槽由动模板确定

图 6-46 滑块

斜导柱的材料为 T8, 淬火处理, 硬度为 HRC55~58, 最后磨削加工保证精度为 IT7 级。倾斜角为 20° , 则锁紧块的角度 $\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$, 取 23° 。斜导柱与固定板之间用 IT7 级精度, 过渡配合 H7/k6。由于斜导柱只起驱动滑块的作用, 滑块的平稳性由导滑槽与滑块间的配合精度保证, 滑块的最终位置由锁紧块保证, 因此为了运动灵活, 斜导柱和滑块间采用比较松的配合, 斜导柱的头部做成圆锥形, 但圆锥部分的斜角一定要大于斜导柱的倾斜角, 以免斜导柱的有效长度离开滑块时, 其头部仍然继续驱动滑块。

2) 斜导柱长度和最小开模行程计算

斜导柱的长度是根据活动型芯的抽拔距、斜导柱直径及其倾斜角的大小确定的。

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$$

$$= \frac{1}{2} D \tan \alpha + h \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{1}{2} d \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (5 \sim 10) \text{mm}$$

式中 L ——斜导柱总长度；

D ——斜导柱固定部分大端直径；

h ——斜导柱固定板厚度。

$$L = \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (5 \sim 10)$$

$$= 12.5 \times \tan 20^\circ + \frac{25}{\cos 20^\circ} + 10 \times \tan 20^\circ + \frac{15}{\sin 20^\circ} + 5$$

$$= 87 \text{ mm}$$

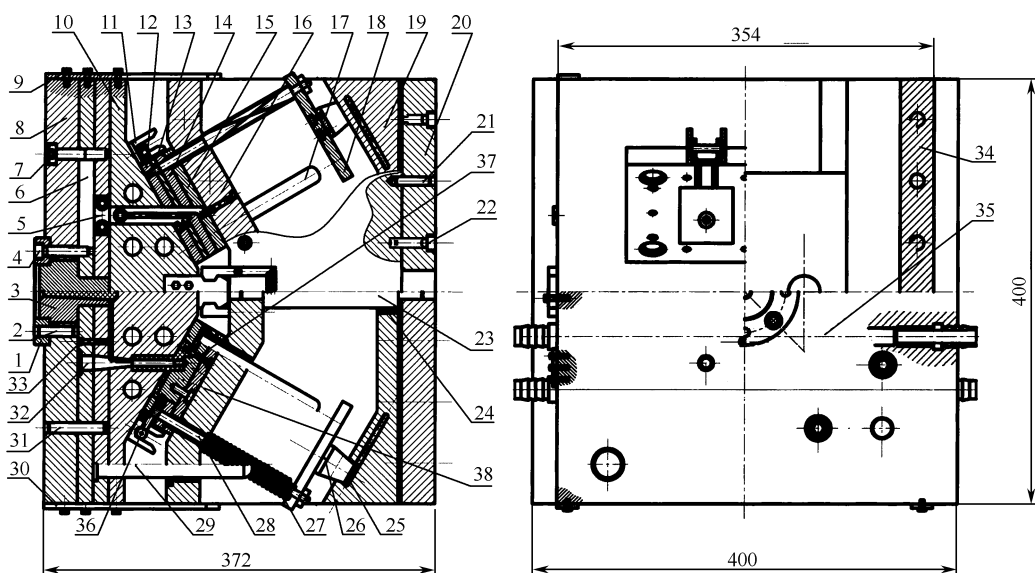
完成 S 抽拔距所需的开模行程 H 为

$$H = S \cot \alpha$$

因此：

$$H = 15 \times \cot 20^\circ = 41.2 \text{ mm}$$

斜管支架注射模装配图见图 6-47。



1—定位圈；2—止转销；3—浇口套；4,7,20—螺钉；5,24—滑块；6,13,14,16—固定板；8—模板；9—滑槽；

10,11—动模镶块；12—卸料板；15—斜导柱；17—推板；18—座板；19,29—定位销；

21,27—导柱；22—导套；23—轴承；25—弹簧；26—卸料杆；28—限位块；

30,34,35,36—型芯；31—拉料杆；32—垫块；33—水嘴

图 6-47 斜管支架注射模装配图

6.1.6 支脚塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

图 6-48 所示为支脚塑件，材料为 ABS，表面要求美观、光滑，型腔采用镶块式结构，便于加工。模具采用一模两腔，平衡流道布置结构。采用点浇口，便于去除，不影响塑件表面美观。

2. 支脚塑件注射模设计

模具采用斜导柱侧抽芯机构，推杆推出塑件，注射模装配图见图 6-49，模具工作过程为：模具在注射机开模机构作用下打开，动、定模在支架顶部平面分型，斜滑块完成侧抽芯。在拉料杆作用下，浇口凝料及塑件被由定模内拉出，到达限定位置后，注射机顶出机构施加给推板顶出力，带动顶杆推出塑件。塑件在卧式注射机上靠自重脱落。

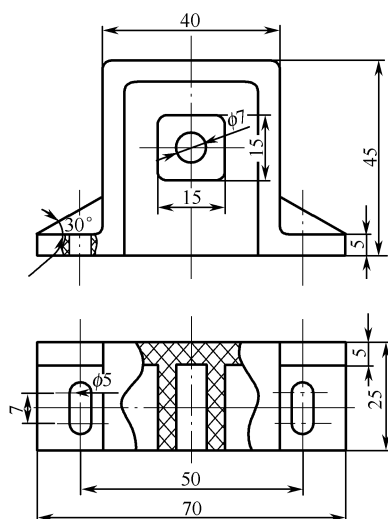


图 6-48 支脚塑件

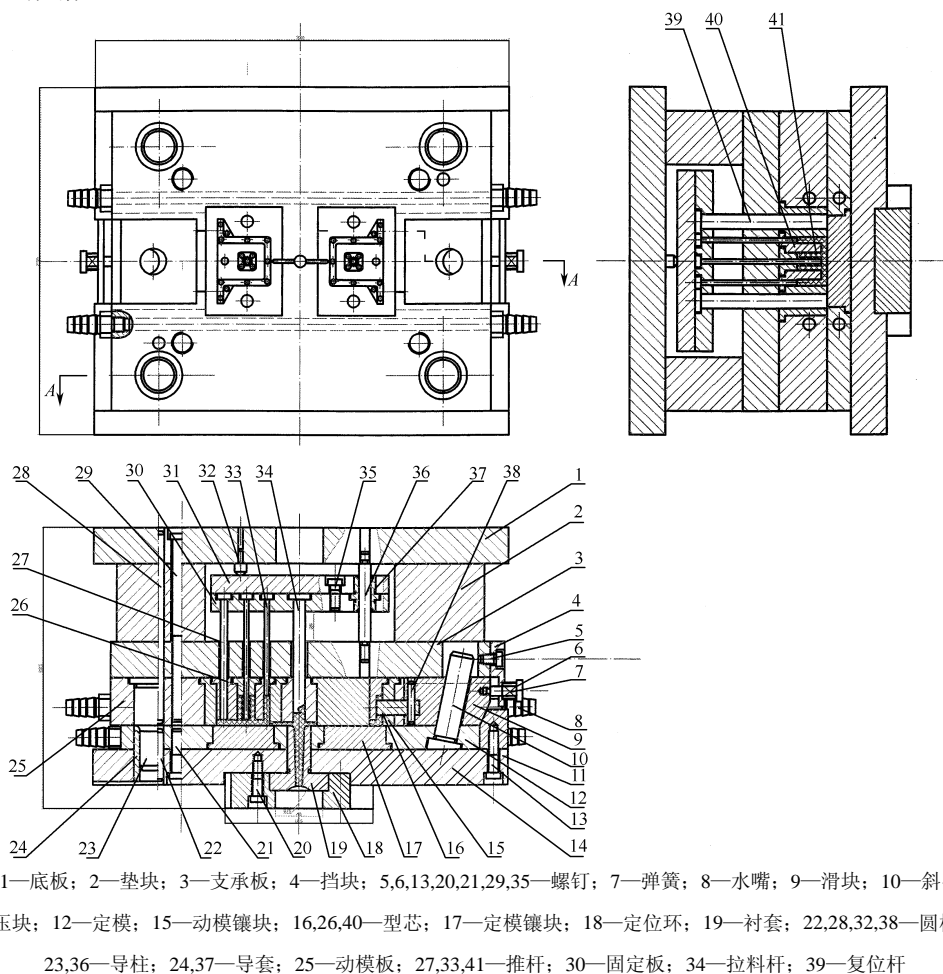


图 6-49 支脚塑件注射模装配图

6.1.7 滚针轴承保持架塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

如图 6-50 所示为滚针轴承保持架塑件，材料为玻璃纤维，精度要求高。成型宜用高温注射机，需 36 个侧抽芯，内壁高度方向脱模斜度 $11'$ ，选用螺杆式注射机。

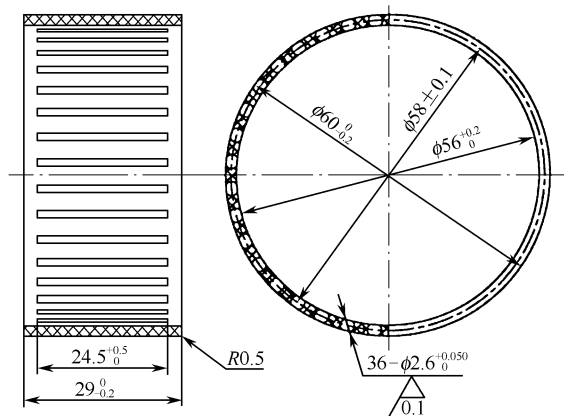


图 6-50 滚针轴承保持架塑件

2. 滚针轴承保持架塑件注射模设计

模具采用一模一腔单分型面模架，轮辐式点浇口系统，如图 6-51 所示，36 个侧抽芯由转盘入字槽与导滑销控制带动，先后在滑座 14 上径向滑行，实现二次脱模。采用弹簧先复位，复位杆精确复位机构。

6.1.8 卡扣塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

如图 6-52 所示为卡扣塑件，材料为 ABS，表面要求美观、光滑，型腔采用整体式结构，便于保证质量。模具采用一模两腔，平衡流道布置结构。采用点浇口，便于去除，不影响塑件表面美观。

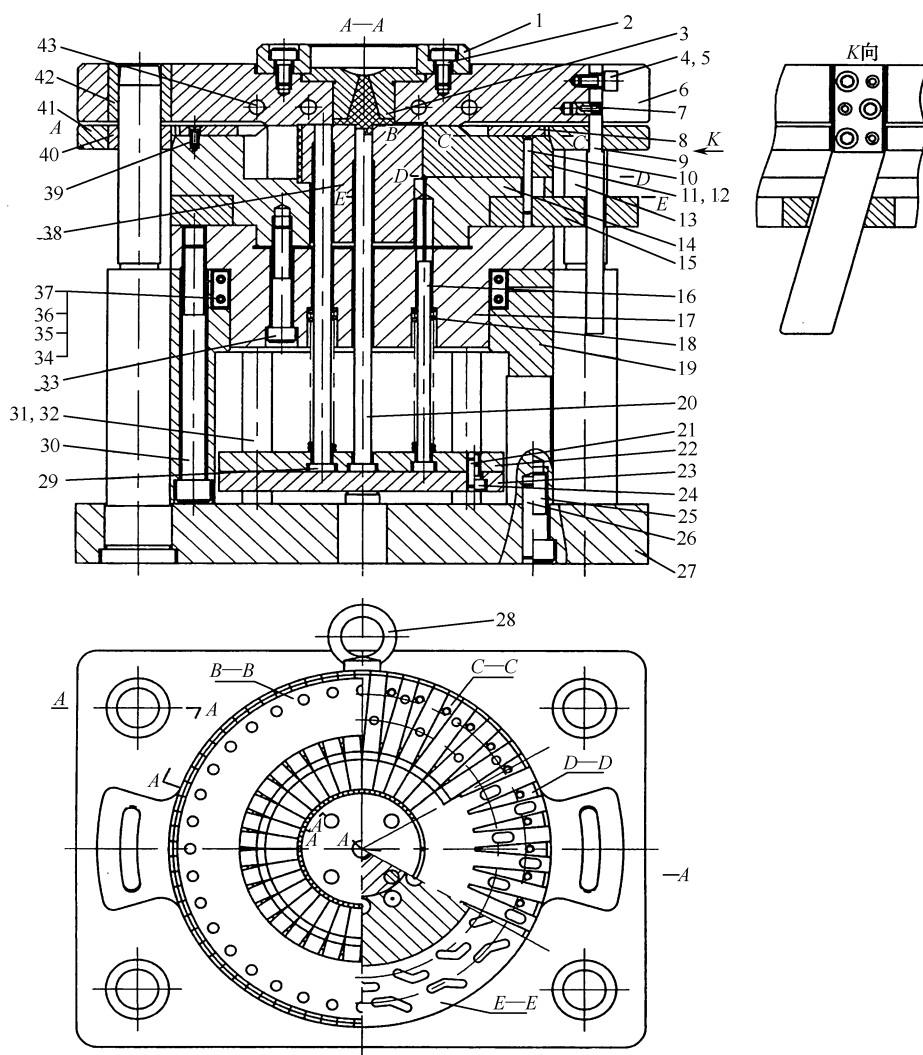
2. 卡扣塑件注射模设计

模具采用斜导柱侧抽芯机构，推杆推出塑件，注射模装配图见图 6-53，模具工作过程为：模具在注射机开模机构作用下打开，动、定模在卡扣顶部平面分型，斜滑块完成侧抽芯。在拉料杆作用下，浇口凝料及塑件由定模内被拉出，注射机顶出机构施加给推板顶出力，带动顶杆推出塑件。塑件在卧式注射机上靠自重脱落。

6.1.9 底座塑件注塑模设计

1. 塑件成型工艺性分析

底座塑件是一方套类带侧空的零件，如图 6-54 所示。塑件最大壁厚为 5mm，属厚壁类零件，生产批量大，材料为聚苯乙烯，该种塑料流动性中等。从技术要求上讲，该塑件无比较苛刻的要求，故成型性能好，可以注射成型。



- 1—定位圈；2,4,24,25,30,33—内六角螺钉；3—浇口套；5—弹簧垫圈；6—定模座板；7,26—内螺纹圆柱销；8—盖板；
 9—弯销；10—导滑销；11,12—侧型芯；13—导柱；14—滑座；15—转盘；16—推杆；17,19—固定板；18—弹簧；
 20—拉料杆；21—圆柱销；22—推杆固定板；23—推板；27—动模座板；28—吊环螺钉；29—复位杆；
 31—推板导柱；32—推板导套；34—云母片；35—电热丝；36—磁绝缘环；37—护罩；
 38—动模型芯；39—开槽螺钉；40,42—导套；41—压紧板；43—冷却水管接头

图 6-51 滚针轴承保持架塑件注射模装配图

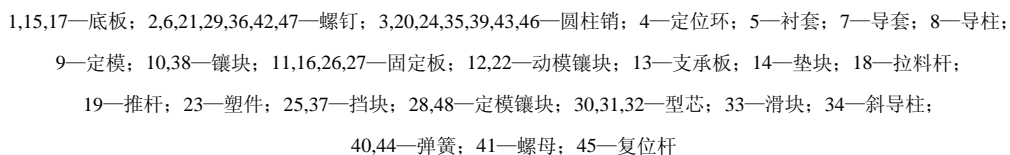
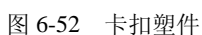


图 6-53 卡扣塑件注射模装配图

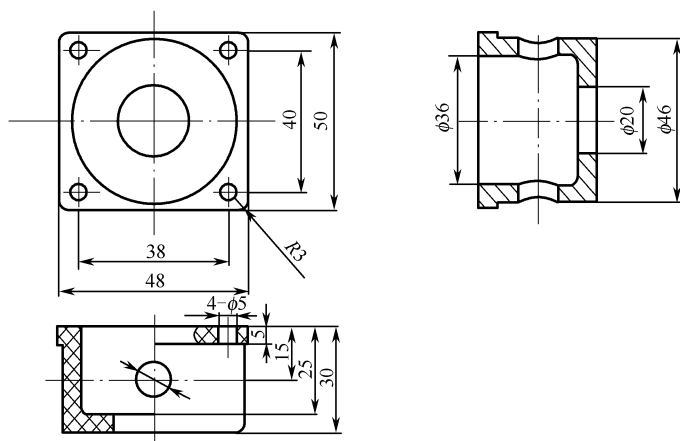


图 6-54 底座塑件

聚苯乙烯是一种无定型塑料，吸湿性小，不易分解，性脆易裂，热膨胀系数大，易产生应力开裂，但流动性好，塑件壁厚应均匀，不宜有缺口、尖角，各面应圆滑连接。可用螺杆或柱塞式注塑机加工，喷嘴可用直通式或自锁式。宜用高料温、高模温、低注塑压力。延长注塑时间有利于降低内应力，防止缩孔、变形，但料温高易出银丝，料温低或脱模剂多，则透明性差。可采用各种形式进料口，进料口与塑件应圆弧连接，防止去除浇口时塑件损坏，脱模斜度宜取 2° 以上，推出均匀以防止脱模不良发生开裂、变形，可用热浇道系统。

2. 分型面位置的确定

对塑件进行分析，分型面有两种选法，第一种分型面选在如图 6-54 所示零件图主视图的最底处，这种选法将造成塑件底部成型困难及塑件取出困难；第二种选法，分型面应选在塑件的底部台阶上，如图 6-55 所示。

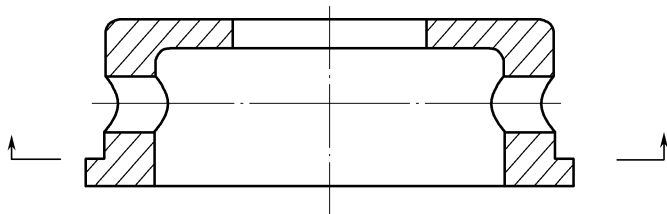


图 6-55 塑件分型面

3. 模具结构形式的确定

该塑件精度要求不高，并且结构简单，又是大批量生产，有侧向分型机构，考虑到模具制造费用及模具尺寸，初步定为一模两腔的模具形式，如图 6-56 所示。

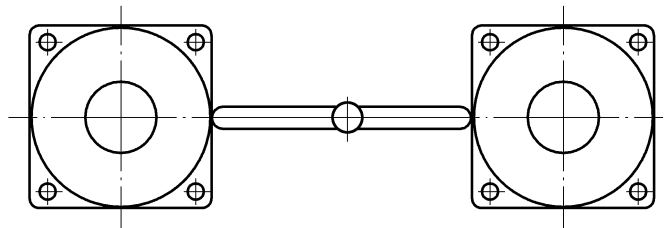


图 6-56 塑件分布形式

从上面分析可知,本模具采用一模两腔的模具形式。采用顶杆推出,流道采用平衡式,且分流道开在动模上。浇口采用侧浇口,型腔采用镶块,镶块上开有分流道和浇口。定模需要设置分型面,动模部分需要一块型芯固定板和支承板。因此可确定模具形式,采用标准 A2 型模架。

根据型腔布局可看出,型腔嵌件分布尺寸为 $66\text{mm} \times 172\text{mm}$; 根据型腔侧壁最小厚度为 20mm ,再考虑到导柱、导套及连接螺钉布置应占的位置等各方面问题,确定选用模架的基本尺寸为 $250\text{mm} \times 315\text{mm}$,如图 6-57 所示。

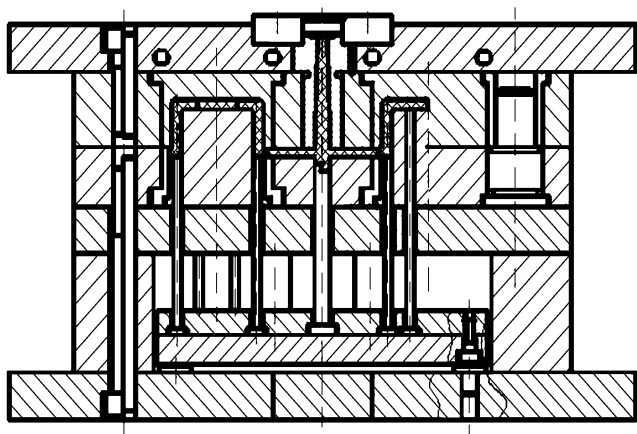


图 6-57 模具标准模架图

各模板尺寸的确定如下。

动模座板,根据标准模板规定,选用模板尺寸为 $250\text{mm} \times 315\text{mm} \times 25\text{mm}$ 。

推出机构的顶板,其尺寸根据标准选为 $166\text{mm} \times 250\text{mm} \times 15\text{mm}$ 。

推杆固定板,其尺寸根据标准选为 $166\text{mm} \times 250\text{mm} \times 12.5\text{mm}$ 。

凸模固定板的支承板,其作用一是为了固定镶块,二是为了分担压力。所以必须有一定的强度要求,根据标准,其尺寸为 $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 25\text{mm}$ 。

凸模固定板,其高度根据标准选为 32mm ,其尺寸为 $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 32\text{mm}$ 。

凹模镶块固定板,其尺寸为 $250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 40\text{mm}$ 。

定模座板,其尺寸同动模座板,尺寸为 $250\text{mm} \times 315\text{mm} \times 25\text{mm}$ 。

垫块高度尺寸=推出行程+凸模固定板的支承板厚度+推杆固定板厚度+限位钉高度+(3~5)mm,根据标准,高度取为 63mm ,所以由标准中查得垫块尺寸为 $40\text{mm} \times 250\text{mm} \times 63\text{mm}$ 。

模架外形尺寸为:宽 \times 长 \times 高= $250\text{mm} \times 315\text{mm} \times 210\text{mm}$ 。

4. 成型零部件设计

1) 成型零部件结构形式

模具中确定塑件几何形状和尺寸精度的零部件称为成型零部件。成型零部件决定着塑件的形状和精度。成型零部件的结构形式分为整体式和镶拼式两大类。整体式适用于形状简单的塑件,镶拼式适用于形状复杂的塑件或加工不便的型腔。从模具的使用寿命和维修方面考虑,本模具采用镶拼式模具。

2) 型芯工作尺寸计算

如图 6-58 所示是型芯一的结构图,成型尺寸包括以下几部分。

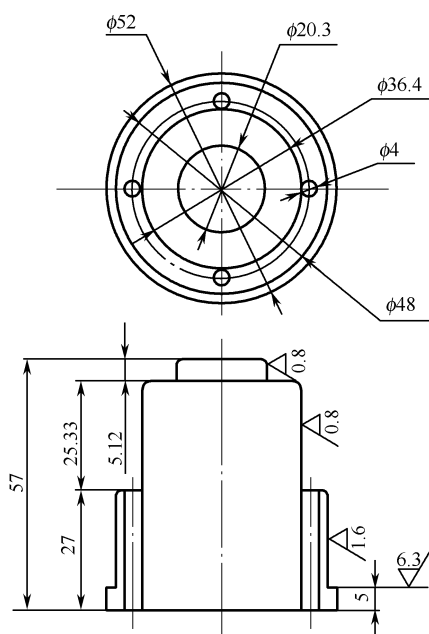


图 6-58 型芯一结构图

径向尺寸:

$$d_{s1} = \phi 20 \begin{smallmatrix} +0.22 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$\begin{aligned} D_{s1} &= [(1 + s_{cp})d_{s1} + \chi\Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_z \end{smallmatrix} \\ &= [(1 + 0.7\%) \times 20 + 0.75 \times 0.22] \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.22/3 \end{smallmatrix} = 20.305 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.073 \end{smallmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{s2} &= [(1 + s_{cp})d_{s2} + \chi\Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_z \end{smallmatrix} \\ &= [(1 + 0.7\%) \times 36 + 0.75 \times 0.26] \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.26/3 \end{smallmatrix} = 36.447 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.087 \end{smallmatrix} \end{aligned}$$

式中 s_{cp} ——塑件平均收缩率, $s_{cp} = (0.6\% + 0.8\%)/2 = 0.7\%$;

χ ——修正系数 (取 0.75);

δ_z ——制造公差 (取 $\Delta/3$)。

高度尺寸:

$$h_{s1} = 36 \begin{smallmatrix} +0.36 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$\begin{aligned} H_{s1} &= [(1 + s_{cp})h_{s1} + \chi\Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_z \end{smallmatrix} \\ &= [(1 + 0.7\%) \times 36 + \frac{2}{3} \times 0.14] \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.14/3 \end{smallmatrix} = 36.19 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.047 \end{smallmatrix} \end{aligned}$$

$$H_{s2} = [(1 + s_{cp})h_{s2} + \chi\Delta] \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_z \end{smallmatrix}$$

$$= [(1+0.7\%) \times 25 + \frac{2}{3} \times 0.24] \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.24/3 \end{smallmatrix} = 25.335 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.08 \end{smallmatrix}$$

式中 s_{cp} ——塑件平均收缩率, $s_{cp} = (0.6\% + 0.8\%) / 2 = 0.7\%$;

χ ——修正系数 (取 $2/3$);

δ_z ——制造公差 (取 $\Delta/3$)。

其他结构尺寸参见图 6-58 所示型芯一结构图。

3) 型腔工作尺寸计算

型腔结构图如图 6-59 所示。

径向尺寸:

$$d_{s1} = \phi 46 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.28 \end{smallmatrix} \quad l_{s1} = 25 \begin{smallmatrix} +0.24 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$D_{s1} = [(1+s_{cp})d_{s1} - \chi\Delta] \begin{smallmatrix} +\delta_z \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$= [(1+0.7\%) \times 46 - 0.75 \times 0.28] \begin{smallmatrix} +0.28/3 \\ 0 \end{smallmatrix} = 46.112 \begin{smallmatrix} +0.093 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$D_{s2} = [(1+s_{cp})d_{s2} - \chi\Delta] \begin{smallmatrix} +\delta_z \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$= [(1+0.7\%) \times 10 - 0.75 \times 0.18] \begin{smallmatrix} +0.18/3 \\ 0 \end{smallmatrix} = 9.935 \begin{smallmatrix} +0.06 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

式中 s_{cp} ——塑件平均收缩率, $s_{cp} = (0.6\% + 0.8\%) / 2 = 0.7\%$;

χ ——修正系数 (取 0.75);

δ_z ——制造公差 (取 $\Delta/3$)。

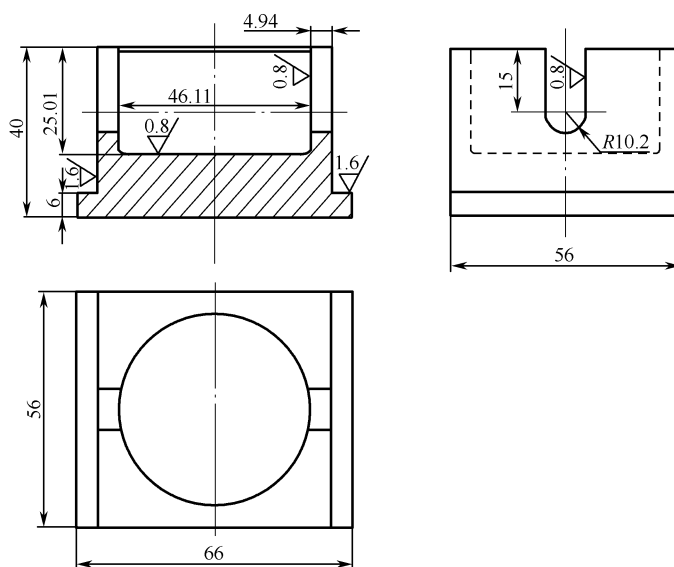


图 6-59 型腔结构图

高度尺寸:

$$h_{s2}=25^{+0.24}_0, h_{s3}=5^{+0.18}_0$$

$$H_{s2}=[(1+s_{cp})h_{s2}+\chi\Delta]^{0}_{-\delta_z}$$

$$=[(1+0.7\%) \times 25 + \frac{2}{3} \times 0.24]^{0}_{-0.24/3} = 25.335^{0}_{-0.08}$$

$$H_{s3}=[(1+s_{cp})h_{s3}+\chi\Delta]^{0}_{-\delta_z}$$

$$=[(1+0.7\%) \times 5 + \frac{2}{3} \times 0.14]^{0}_{-0.14/3} = 5.128^{0}_{-0.047}$$

式中 s_{cp} ——塑件平均收缩率, $s_{cp}=(0.6\%+0.8\%)/2=0.7\%$;

χ ——修正系数 (取 $2/3$);

δ_z ——制造公差 (取 $\Delta/3$)。

其他结构尺寸参见图 6-59。

4) 型腔镶块尺寸

如图 6-60 所示是安装在动模上的型腔镶块结构图。

5. 抽芯机构设计

1) 斜导柱直径校核

$$d = \sqrt[3]{\frac{10F_cHW}{[\sigma]\cos^2\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{10 \times 5180 \times 0.15}{155 \times \cos^2 22.5^\circ}} = 3.887$$

其中,

$$F_c = F_t = AP(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 5180 \text{ N}$$

式中, A 为塑件包型芯表面积; $P=8\sim 12\text{MPa}$; $\mu=0.1\sim 0.3$ 。

2) 抽芯距离计算

抽芯距离=活动型芯完全脱出成型部位距离+抽芯安全系数=5+2=7mm

3) 斜导柱长度计算

斜导柱的长度主要根据抽芯距离、斜导柱直径及斜角来确定。当抽芯方向与开模方向垂直时, 斜导柱长度计算如下

$$L=L_1+L_2+L_3+L_4+L_5=\frac{D}{2}\tan\alpha+\frac{h}{\cos\alpha}+\frac{S}{\sin\alpha}+\frac{d}{2}\tan\alpha+(5\sim 10)\text{mm}$$

式中 L ——斜导柱总长;

D ——斜导柱固定部分台肩直径;

S ——抽拔距离;

α ——斜导柱斜角;

h ——斜导柱固定板高度;

d ——斜导柱直径。

代入数据计算得出 $L=84\text{mm}$, 斜导柱结构形式如图 6-61 所示。

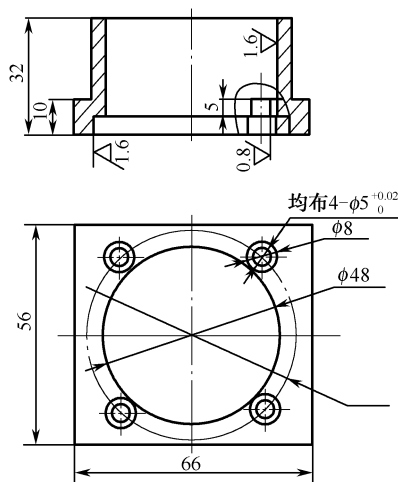


图 6-60 型腔镶块结构图

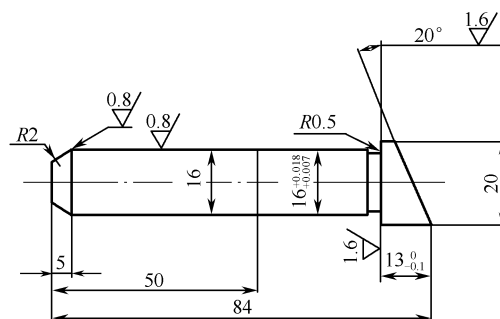


图 6-61 斜导柱结构形式

6. 脱模力的计算

模具塑件对型芯的包紧力包括对两个型芯共同包紧力的总和，即

$$F_{\text{总}} = F_{\text{型芯1}} + F_{\text{型芯2}}$$

根据经验公式，有斜度薄壁圆筒塑件脱模力为

$$\begin{aligned} F_{\text{型芯1}} &= 10f_c \alpha E(T_f - T_j)th_1 \\ &= 10 \times 0.45 \times 8.5 \times 10^{-5} \times 2.2 \times 10^3 \times (100 - 50) \times 5 \times 36 = 7\,573.5\text{N} \end{aligned}$$

薄壁矩形类塑件的脱模力为

$$\begin{aligned} F_{\text{型芯2}} &= 12f_c \alpha E(T_f - T_j)th_2 \\ &= 12 \times 0.45 \times 8.5 \times 10^{-5} \times 2.2 \times 10^3 \times (100 - 50) \times 5 \times 5 = 1\,262.25\text{N} \end{aligned}$$

$$F_{\text{总}} = F_{\text{型芯1}} + F_{\text{型芯2}} = 7\,573.5 + 1\,262.25 = 8\,835.75\text{N}$$

式中 f_c ——脱模系数，取为 0.45；

α ——脱模线膨胀系数 ($1/^\circ\text{C}$)，取为 $\alpha = 8.5 \times 10^{-5}$ ($1/^\circ\text{C}$)；

E ——在脱模温度下，塑料的抗拉弹性模量 (MPa)，取为 $E = 2.2 \times 10^3$ MPa；

T_f ——塑料的软化温度 ($^\circ\text{C}$)，取为 $T_f = 100^\circ\text{C}$ ；

T_j ——脱模时塑件的温度 ($^\circ\text{C}$)，取为 $T_j = 50^\circ\text{C}$ ；

t ——塑件的壁厚 (mm)，取 $t = 5\text{mm}$ ；

h ——型芯脱模方向的高度 (mm)， $h_1 = 36\text{mm}$ ， $h_2 = 5\text{mm}$ 。

7. 注射机校核

1) 注射量的计算

通过 CATIA 建模分析，塑件体积约为 $V_1 = 32.33\text{cm}^3$ ，流道凝料的质量 m_2 还是个未知数，可按塑件体积的 0.6 倍来估算。从上述分析中确定为一模两腔结构，所以注射量为

$$V = 1.6nV_1 = 1.6 \times 2 \times 32.33 = 103.456\text{cm}^3$$

2) 塑件和流道凝料在分型面上的投影面积及所需锁模力的计算

流道凝料（包括浇口、分流道、主流道凝料）在分型面上的投影面积 A_2 ，在模具设计前是个未知值，根据多型腔模的统计分析， A_2 是每个塑件在分型面上的投影面积 A_1 的 0.2~0.5 倍，因此可用 $0.35nA_1$ 来进行计算，所以

$$A = nA_1 + A_2 = nA_1 + 0.35nA_1 = 1.35nA_1 = 1.35 \times 2 \times 1\,972.96 = 5\,326.992 \text{ mm}^2$$

式中, $A_1 = 50 \times 48 - 3.14 \times 10^2 - 4 \times 3.14 \times 3^2 = 1\,972.96$ 。

n 代表型腔个数。

所需锁模力为

$$F_m = AP_{\text{型}} = 5\,326.992 \times 25 = 133.175 \text{ kN}$$

根据每一生产周期的注射量和锁模力的计算值, 选用 SZ-125/630 卧式注射机。

3) 注射机有关参数的校核

(1) 由注射机料筒塑化速率校核模具的型腔数 n 。

$$n \leq \frac{kMt - m_2}{m_1} = (0.8 \times 14 \times 50 - 0.6 \times 2 \times 39.22) / 39.22 = 13.08 > 2$$

所以型腔数校核合格。

式中 k ——注射机最大注射量的利用系数, 一般取 0.8;

M ——注射机的额定塑化量 (14g/s);

t ——成型周期, 取 50s。

(2) 注射压力的校核。

$$p_e \geq k'p_0 = 1.3 \times 110 \text{ MPa} = 143 \text{ MPa}$$

因为 $p_e = 150 \text{ MPa}$, 所以注射压力校核合格。

式中 k' ——注射压力安全系数, 一般取 1.25~1.4, 此处取 1.3;

p_0 ——塑件成型所需压力, 一般取 70~150MPa, 此处取 110MPa。

(3) 锁模力校核。

$$F \geq KAP_{\text{型}} = 1.2 \times 133.175 = 159.81 \text{ kN}$$

因为 $F = 1\,000 \text{ kN}$, 所以锁模力校核合格。

式中 K ——锁模力安全系数, 一般取 $K = 1.1 \sim 1.2$, 此处取 1.2。

(4) 注射机结构尺寸校核。

模具长宽尺寸校核:

从手册查得注射机拉杆内向距为 $370 \text{ mm} \times 320 \text{ mm}$, 而模具的长宽尺寸为 $250 \text{ mm} \times 315 \text{ mm}$, 校核合格。

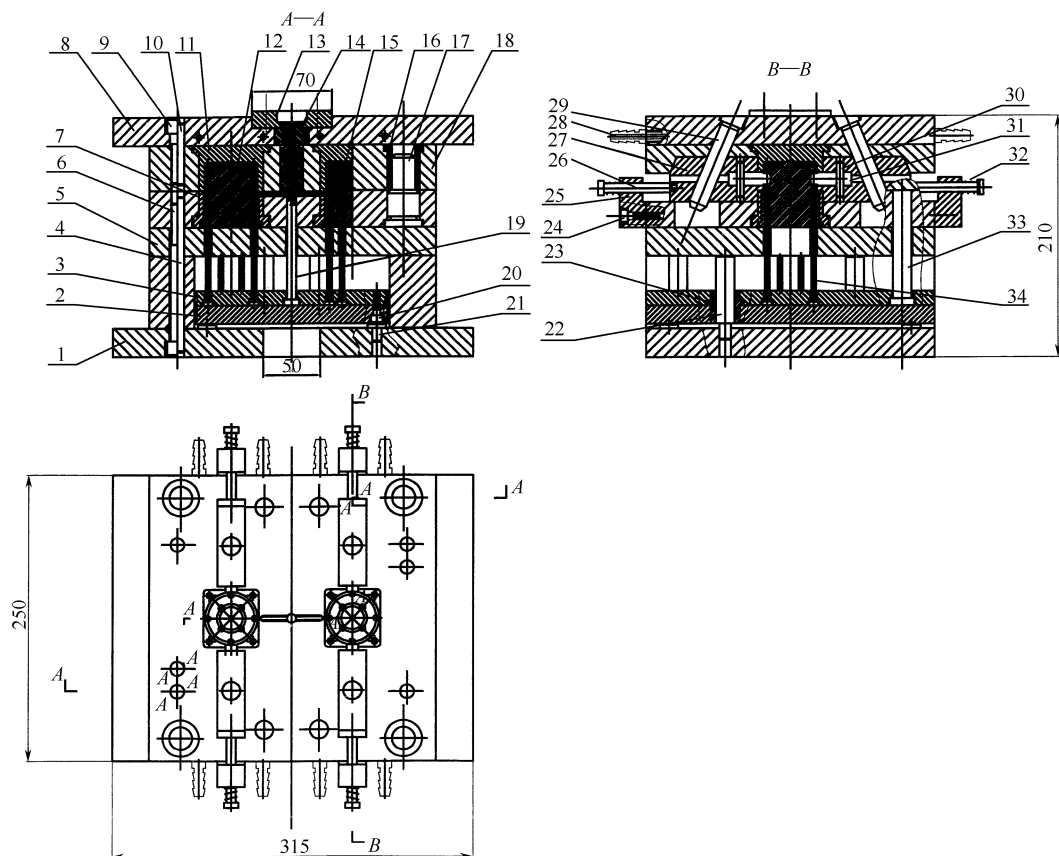
模具厚度校核:

从手册查得注射机最大模具厚度为 300 mm , 最小模具厚度为 150 mm , 而从装配图得知, 模具的厚度为 210 mm , 在最大模具厚度和最小模具厚度之间, 校核合格。

移模行程校核:

通过计算, 模具所需要的移模行程为 120 mm 。从手册查得注射机最大移模行程为 270 mm , 校核合格。

注射模具装配图见图 6-62。



1,8—底板；2,5—垫板；3—固定板；4,10,30—圆柱销；6,9,20,24,26,32—螺钉；7—定模板；11,12,15—定模镶块；13—定位环；14—衬套；16,23—导套；17,22—导柱；18—定模板；19—拉料杆；21—调整块；25—限位块；27—滑块；28—水嘴；29—斜导柱；31—型芯；33—复位杆；34—推杆

图 6-62 注射模具装配图

6.1.10 外体塑件注射模设计

1. 制品的工艺性分析

1) 外体塑件使用材料的工艺性

苯乙烯-丁二烯-丙烯腈共聚物 (ABS) 属通用热塑性塑料, 其成型的综合性能较好, 冲击韧度、力学强度较高, 尺寸稳定, 耐化学性、电气性良好, 易于成型和机械加工; 流动性也好; 成型收缩率较小; 比热容低, 在料筒中的塑化效率高, 在模具中凝固较快, 成型周期短, 但吸水性大, 成型前必须经过充分干燥。可在柱塞式或螺杆式卧式注射机上成型。

2) 塑件的结构工艺性

外体塑件为外体结构件, 见图 6-63, 用于连接固定或定位, 结构比较复杂, 外形和内形均不规则, 尺寸精度一般, 壁厚较薄, 顶杆直径小。桶形部分有阶梯孔, 需要侧抽芯机构成型, 中心直径孔通过顶角 120° 圆锥形斜面与直径 15mm 的孔连接, 这需要单独加工制造型芯, 并与带侧平面的型芯配合。包紧型芯的壁厚最小 4mm, 设置顶出杆时应注意均布, 因数量多, 直径小, 应校核顶出力, 同时注意不应与侧抽芯机构冲突, 保证制件顺利顶出。4 个

直径为 4mm 的通孔直径小, 填充时需两端固定以增加强度, 定模镶块上应配上孔, 包括中心直径 8mm 的型芯, 四周 4 个直径 6.5mm 的通孔也使用型芯, 除侧抽芯的型芯, 其余均合理布置在动模镶块上。

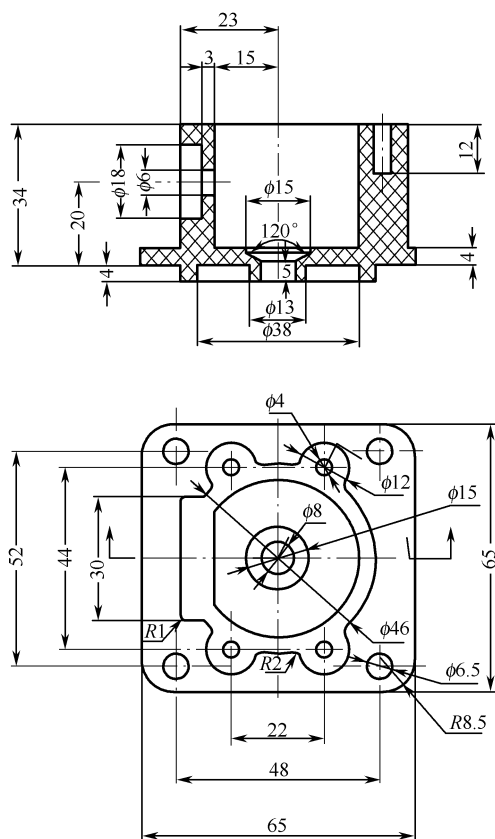


图 6-63 外体塑件

2. 分型面的确定

分型面的选择原则如下。

- (1) 分型面应通过零件最大投影面积。
- (2) 定模和动模各自包括一部分，开模后，零件应留在动模上。
- (3) 在可能的情况下，分型面设在同一平面上。
- (4) 对同心度要求高的外形或内孔，尽可能设置在同一半模内，以保证精度。
- (5) 为保证外观质量，分型面不要设置在光滑面上。
- (6) 分型面的确定应避免在模具中有深腔，要考虑顶出距离、斜度和填充效果。
- (7) 对侧向抽芯机构而言，选择分型面时应避免型芯上压力过大，以免造成模具损坏或造成尺寸误差。
- (8) 分型面的选择应尽量使模具结构简单。
- (9) 分型面的选择应尽可能设计在塑料流动的末端，以利于排出型腔内的气体。
- (10) 分型面上的总压力应小于合模力，调换投影面积可减小压力。
- (11) 分型面的开设，应考虑塑料液体在进入型腔后流动顺利。

(12) 设计抽芯时, 应尽量使抽芯设置在动模上。

根据以上原则分析塑件, 设计分型面如下。

很明显此件分型面应在最大截面上。如果选在轴向上, 会使模具结构复杂很多, 动、定模内都含有部分塑件结构, 轴向型芯成为侧抽芯机构, 尺寸精度都难以保证。若采用其他部位横截面, 除会留下影响外观和功能的熔接痕外, 更重要的是最大横截面的部分会被嵌入动模或定模, 使塑件顺利顶出困难, 导致模具结构复杂化。

在最大截面上, 将塑件大部分结构都设计在动模上, 使模具加工方便并提高精度。

3. 成型零部件的设计

注射模闭合后, 其内部的零部件将组成一个能容纳塑料的闭合空腔, 它将接受由注射机注射出来的塑料熔体, 并使它们在其内部固化成型为塑料制品。显然, 型腔的几何形状和尺寸决定了制品的几何形状和尺寸。成型零部件在注射成型的过程中直接和塑料熔体相接触, 需要承受温度、压力及塑料熔体的冲击和摩擦作用, 长期工作以后, 容易发生磨损、变形和断裂。设计注射模时应针对塑料制品的结构特点、生产批量、使用要求和模具的使用寿命等, 合理确定成型零部件的结构, 满足精度、粗糙度、强度及刚度的要求。

分析制件结构, 成型部分结构设计如下。

由于分型面确定, 型腔的设计并不复杂, 困难主要是型芯的布置, 以下为可行的两个方案, 见图 6-64。

方案一: 定模部分在直径 38mm 以内的部分为型芯 1, 中心直径 13mm 的部分为平面, 不设置通孔, 与直径 8mm 的成型型芯 7 端面压紧配合; 动模部分, 型芯 7 固定于型芯 6 以内, 以成型制件内部形状, 型芯 3 顶面与定模镶块成型平面压紧配合成型直径 6.5mm 的通孔。优点为单个型芯制造简单, 型芯与镶块端面配合处在修磨后能保证溢料间隙小于 0.03mm, 并且拔模斜度易于制造, 采用型芯包含型芯的结构, 成型中心多阶梯带锥面通孔更能保证质量, 也易于修模和调整; 缺点是型芯端面易磨损, 在长期大批量生产时, 磨损增大的间隙容易产生飞边, 定模型芯 1 与镶块 2 配合处要求保证紧密, 给型芯直径 36mm 部分的拔模斜度制造带来难度, 实际生产中在成型高度以内取斜度, 镶块 2 的成型端面与型芯的同高度成型端面难以保证精度和尺寸要求, 需要后期修模。

方案二: 定模镶块 2 上开孔与型芯 3 配合, 中心的型芯 6 是一个整体, 利用嵌套形式, 定模型芯中心开孔与中心型芯 6 配合。其优点是通孔与型芯配合, 增加了型芯的强度, 也使定模、动模和型芯间的定位更准确, 中心部分采用整体型芯更能保证成型质量, 同心度得到了保证, 装配时比嵌套式相对简单, 定模型芯的成型部分到直径 46mm, 使深度有成型尺寸的部分都在型芯上, 加工简单并易于保证垂直方向的精度要求; 缺点是整体型芯加工困难, 尤其是锥面下的小段圆柱面, 难以保证尺寸精度要求, 通孔与型芯的配合需要精确的定位, 加工麻烦, 而且由于型芯两端都会有配合, 所以中间成型的侧面拔模斜度就更难加工, 定模型芯加工更复杂, 同心度比起方案一并不好。

综上所述, 权衡利弊, 选择方案一。外体塑件注射模见图 6-65。

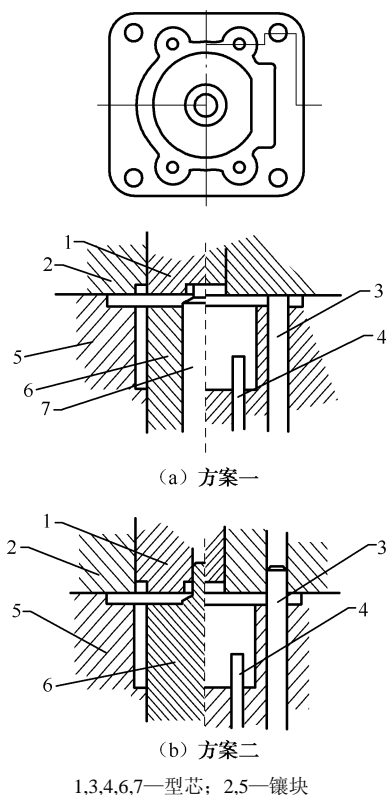


图 6-64 结构设计方案

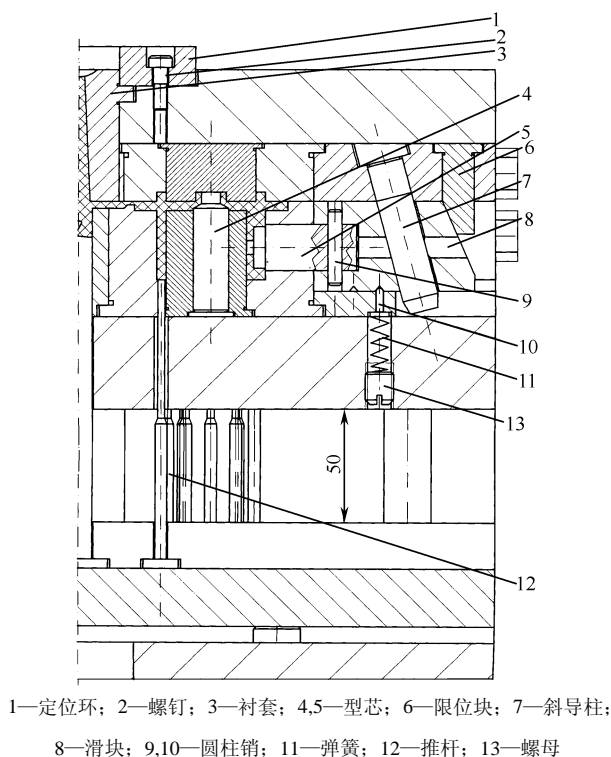


图 6-65 外体塑件注射模

6.1.11 管座塑件注射模设计

1. 塑料制件的工艺分析

管座的具体形状如图 6-66 所示。该制件的平均壁厚为 $t=4.5\text{mm}$ ，制件的 $\phi 10^{+0.16}_0$ 和 $\phi 18^{+0.2}_0$ 的型腔为 IT4 级的精度，其余尺寸要求为一般精度，所以该制件的外形尺寸公差取 IT8 级。

制件的表面粗糙度，除了在成型时从工艺上尽可能避免产生冷接缝、云纹等瑕疵外，主要是由模具粗糙度决定的。一般模具表面粗糙度等级比制件高 2~3 个等级。

在制件的内表面和外表面，沿脱模方向应有一定的脱模斜度，否则在脱模时会破坏制件的形状，制件的顶出困难。由于制件所选用的材料为 ABS 塑料，则型芯的脱模斜度应设计在 $1^\circ 30'$ 左右，而型腔的脱模斜度应设计在 $1^\circ 27'$ 左右。

该制件的平均壁厚为 $t=4.5\text{mm}$ ，属于壁厚较大的制件，并由图 6-66 可知，制件的局部位置壁厚过渡较大，所以在选用注射机时应尽量选用有较大注射压力的注射机。

为了防止在塑件转角处产生应力集中，改善其成型过程中的充模特性，增加相应处模具与制件的机械强度，提高其外观的可视性，在塑件各面间的转角处或内部连接处，均采用圆角过渡。制件外部的圆角半径为 $R=0.5\sim 2\text{mm}$ ，内部的圆角半径取 $R=2\text{mm}$ 。

经上述分析，制件的最后尺寸如图 6-66 所示。

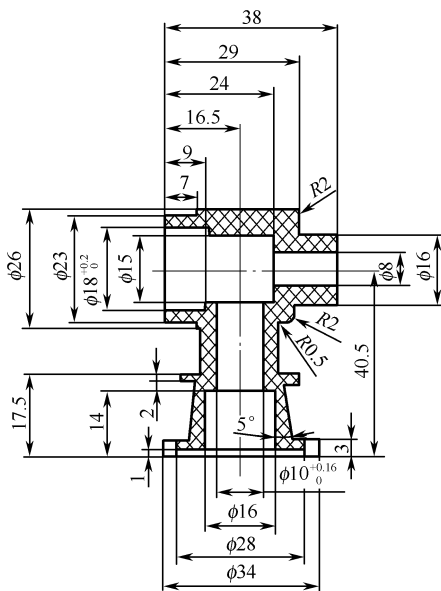


图 6-66 制件的最后尺寸

2. 成型方案的选择及确定

1) 制定方案

生产任务年产 30 万件，设生产的制件的合格率为 90%，则每年需生产 33.4 万件。在保证质量的前提下可考虑一腔、两腔、四腔。

一腔：制件的精度可很好地保证，模具体积小，生产成本低，结构较为简单，但生产效率低，制件的成本较高。

两腔：基本满足生产要求，制件的精度没有一腔的高，但用于生产 30 万件的零件，生产任务较为紧张。

四腔：可满足生产要求，并可保证制件的精度要求，虽模具体积较大，结构也较为复杂，成本较高，但符合该零件的生产要求。

综上所述，对于该零件，选用一模四腔较为合适。

在确定模具的腔数后，根据制件的要求和工艺分析，制定出两种模具方案。

方案一：采用哈夫块，斜导柱分模，再用顶管或顶杆顶出，如图 6-67 所示。

方案二：采用整体式型腔，并采用侧抽芯机构成型侧孔，如图 6-68 所示。

2) 方案论证

方案一：

优点是哈夫块运动平稳，不存在磨损严重问题；结构相对简单，模具体积不是很大。

缺点是型腔难加工，锁模不紧，容易造成大的飞边；侧向压力很大，楔紧块可能不足以锁紧哈夫块。

方案二：

优点是锁模紧密，流道短；浇口好布置，顶出面积比较大，侧向力最小。

缺点是模具结构复杂，模具体积庞大。

综合分析，方案二相对有较高的可靠性，对制件质量的影响相对较小，所以选择方案二。

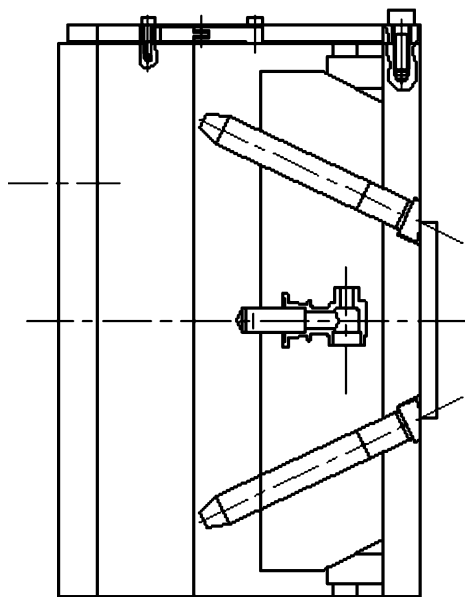


图 6-67 方案一

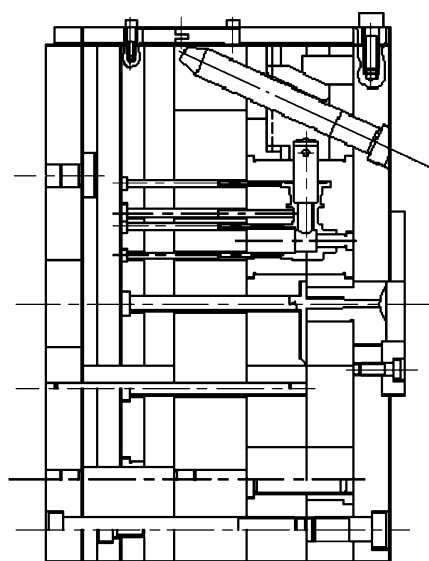


图 6-68 方案二

3. 成型零件设计

1) 成型零件工作尺寸计算

根据制件的工作要求, 确定制件公差为 8 级精度。

各类尺寸分类如下。

$$\text{外形尺寸: } A_1 = \phi 16_{-0.3}^0 \quad A_2 = \phi 23_{-0.82}^0$$

$$A_3 = \phi 26_{-0.94}^0 \quad A_4 = \phi 34_{-1}^0$$

$$A_5 = 17.5_{-0.3}^0 \quad A_6 = 38_{-1}^0$$

$$A_7 = 29_{-0.94}^0 \quad A_8 = 7_{-0.64}^0$$

$$A_9 = 53.5_{-1.4}^0$$

$$\text{内形尺寸: } B_1 = \phi 8_{0}^{+0.64} \quad B_2 = \phi 15_{0}^{+0.3}$$

$$B_3 = \phi 18_{0}^{+0.2} \quad (\text{塑件 4 级精度}) \quad B_4 = \phi 10_{0}^{+0.16} \quad (\text{塑件 4 级精度})$$

$$B_5 = \phi 16_{0}^{+0.3}$$

$$\text{长度尺寸: } C_1 = 40.5 \pm 1.2 \quad C_2 = 16.5 \pm 0.3$$

2) 模腔的工作尺寸

成型零件制造公差 δ_z 一般取塑件公差 Δ 的 $1/3 \sim 1/6$, 对中小型塑件, 取 $\delta_z = \Delta/3$, 收缩率取平均收缩率 $S=0.006$ 。

计算模腔工作尺寸时, 采用平均尺寸法。公式如下。

$$\text{模腔径向尺寸: } L_M = \left[(1 + S_{cp}) L_s - \frac{3}{4} \Delta \right]_{0}^{+\delta_z}$$

式中 L_M ——模腔径向尺寸 (mm);

L_s ——塑件径向公称直径 (mm);

S_{cp} ——塑料的平均收缩率 (%);

Δ ——塑件公差值 (mm);

δ_z ——模腔制造公差 (mm)。

$$\text{模腔深度尺寸: } H_M = \left[(1+S_{cp})H_s - \frac{2}{3}\Delta \right]_0^{+\delta_z}$$

式中 H_M ——模腔深度尺寸 (mm);

H_s ——塑件高度公称值 (mm);

δ_z ——模腔深度制造公差 (mm)。

$$\text{型芯径向尺寸: } L_M = \left[(1+S_{cp})L_s + \frac{3}{4}\Delta \right]_{-\delta_z}^0$$

式中 L_M ——型芯径向尺寸 (mm);

δ_z ——型芯制造公差 (mm)。

$$\text{型芯高度尺寸: } H_M = \left[(1+S_{cp})H_s + \frac{2}{3}\Delta \right]_{-\delta_z}^0$$

式中 H_M ——型芯高度尺寸 (mm);

H_s ——塑件孔深度尺寸 (mm);

δ_z ——型芯高度制造公差 (mm);

$$\text{中心距尺寸: } L_M = \left[(1+S_{cp})L_s \right] \pm \frac{\delta_z}{2}$$

式中 L_M ——模具中心距尺寸 (mm);

L_s ——塑件中心距尺寸 (mm);

δ_z ——模具中心距尺寸制造公差 (mm)。

根据上述公式分别计算出以下各尺寸。

$$\text{模腔径向尺寸: } L_{M1} = \left[(1+0.6\%) \times 16 - \frac{3}{4} \times 0.3 \right]_0^{+0.1} = 15.87_0^{+0.1}$$

$$L_{M2} = \left[(1+0.6\%) \times 23 - \frac{3}{4} \times 0.82 \right]_0^{+0.27} = 22.52_0^{+0.27}$$

$$L_{M3} = \left[(1+0.6\%) \times 26 - \frac{3}{4} \times 0.96 \right]_0^{+0.32} = 25.44_0^{+0.32}$$

$$L_{M4} = \left[(1+0.6\%) \times 34 - \frac{3}{4} \times 1 \right]_0^{+0.33} = 33.45_0^{+0.33}$$

$$L_{M9} = \left[(1+0.6\%) \times 53.5 - \frac{3}{4} \times 1.4 \right]_0^{+0.47} = 52.77_0^{+0.47}$$

模腔深度尺寸:

$$\text{动模: } H_M = \left[(1+0.6\%) \times 16.5 - \frac{2}{3} \times 0.3 \right]_0^{+0.1} = 16.4_0^{+0.1}$$

$$\text{定模: } H_M = \left[(1+0.6\%) \times 21.5 - \frac{2}{3} \times 0.82 \right]_0^{+0.27} = 21.08_0^{+0.27}$$

$$\text{型芯径向尺寸: } L_{M1} = \left[(1+0.6\%) \times 8 + \frac{3}{4} \times 0.64 \right]_{-0.21}^0 = 8.53_{-0.21}^0$$

$$L_{M2} = \left[(1+0.6\%) \times 15 + \frac{3}{4} \times 0.3 \right]_{-0.1}^0 = 15.32_{-0.1}^0$$

$$L_{M3} = \left[(1+0.6\%) \times 18 + \frac{3}{4} \times 0.2 \right]_{-0.07}^0 = 18.26_{-0.07}^0$$

$$L_{M4} = \left[(1+0.6\%) \times 10 + \frac{3}{4} \times 0.16 \right]_{-0.05}^0 = 10.18_{-0.05}^0$$

$$L_{M5} = \left[(1+0.6\%) \times 16 + \frac{3}{4} \times 0.3 \right]_{-0.1}^0 = 16.32_{-0.1}^0$$

$$\text{型芯高度: } H_{M1} = \left[(1+0.6\%) \times 14 + \frac{2}{3} \times 0.72 \right]_{-0.24}^0 = 14.56_{-0.24}^0$$

$$H_{M2} = \left[(1+0.6\%) \times 15 + \frac{2}{3} \times 0.3 \right]_{-0.1}^0 = 15.29_{-0.1}^0$$

$$H_{M3} = \left[(1+0.6\%) \times 9 + \frac{2}{3} \times 0.16 \right]_{-0.05}^0 = 9.16_{-0.05}^0$$

$$H_{M4} = \left[(1+0.6\%) \times 21 + \frac{2}{3} \times 0.22 \right]_{-0.07}^0 = 21.28_{-0.07}^0$$

$$H_{M5} = \left[(1+0.6\%) \times 14 + \frac{2}{3} \times 0.3 \right]_{-0.1}^0 = 14.28_{-0.1}^0$$

$$\text{中心距尺寸: } L_{M1} = [(1+0.6\%) \times 40.5] \pm \frac{1.2}{3 \times 2} = 40.74 \pm 0.2$$

$$L_{M2} = [(1+0.6\%) \times 16.5] \pm \frac{0.3}{3 \times 2} = 16.6 \pm 0.05$$

$$L_M = [(1+0.6\%) \times 20] \pm 0.14 = 20.12 \pm 0.14$$

3) 成型零件材料

成型零件（与塑件直接接触的零件）所用材料的特性及其他要求通常有：

- (1) 抛光性能；
- (2) 强度、韧性、一定的硬度和耐磨性；
- (3) 耐热性；
- (4) 耐腐蚀性；
- (5) 使用寿命；
- (6) 加工性能；
- (7) 成本和经济性。

设计该模具时,综合考虑所有符合要求的材料,最终选择 T8A 为加工材料。

4) 型腔壁厚计算

凹模型腔选用矩形镶块式,则其侧壁变形量与壁厚的计算公式如下。

$$f_{\max} = \frac{Pl_1^4 h}{32Eb_1^3 H} \leq [f]$$

则

$$b_1 = \sqrt[3]{\frac{Pl_1^4 h}{32EHf_{\max}}}$$

式中 H ——模板总高度,取 32mm;

h ——型腔高度;

l_1 ——矩形型腔侧壁的长度,取 $l_1 = 53.5\text{mm}$;

b_1 ——矩形型腔厚度;

P ——型腔压力,取 24.5~49MPa;

E ——弹性模量,取 $2.1 \times 10^{11}\text{Pa}$;

f_{\max} ——型腔侧壁、支承板或型腔底板的最大变形量;

$[f]$ ——许用变形量, $[f] = St$, 其中, S 为塑料收缩率,取 0.6%, t 为制品的壁厚,取 4.5mm。

根据以上公式得

$$b_1 = 10\text{mm}$$

所以型腔的最小壁厚为 10mm。

5) 组合式矩形型腔支承板厚度计算

(1) 按支承板变形量计算,公式如下。

$$f_{\max} = \frac{5Pl_1L^4}{32Elb^3} \leq [f]$$

则

$$b = \sqrt[3]{\frac{5Pl_1L^4}{32Elf_{\max}}}$$

(2) 支承板的强度计算公式如下。

$$\delta_{\text{弯}} = \frac{3}{4} \frac{Pl_1L^2}{lb} \leq [\delta]$$

则

$$b = \frac{3Pl_1L^2}{4l[\delta]}$$

为了减小支承板的厚度,并对顶板导向,采用两根支撑导柱。

4. 顶出方式的确定

在注射成型的每一个循环中,塑件必须从模具型腔中脱出,顶出制件的机构称为顶出机构。在该设计中主要有:顶出零件,它直接与塑件接触,将塑件顶出型腔,即顶杆;顶杆需固定,因此设顶出固定板和顶出板,两者用螺钉连接,注射机上的顶出力作用在顶出板上。由于生产批量较大,同时模具是在高温下工作,如果光靠顶杆的一小段配合为支撑,在经过

数次注射周期后,势必会发生弯曲、卡死或严重磨损,从而扩大了配合间隙,产生溢料现象。为了顶出过程平稳,同时也为了减小支承板的厚度,故设有起导向和支承作用的导滑柱和导套。由制件的形状可知,必须采用一个侧抽芯机构,故采用斜销、滑块及导滑座,前两者单独加工,以便采用优质钢材进行热处理,斜销固定在定模板上,采用 25° 的夹角;导滑座直接在动模板上加工,这样可以承受较大的开模力。同时采用一个限位块进行限位,一个锁紧块进行压紧。锁紧块斜面角度比斜销大 3° ,即 28° 。为了防止在回程时顶杆与侧型芯发生干涉,采用铰链式的先复位机构进行粗复位,同时设置4根复位杆进行精复位。为使浇注系统冷料随同塑料一起留在动模,故采用Z型拉料杆。由于产量的关系,经多次顶出塑件后,顶杆的端面势必要磨损,长度变短,顶出距离也相应变短,如不采用挡销的方法,势必要将所有的顶杆换掉,这是很不经济的。采用挡销,它有两个作用:一是使顶出板与底板之间形成间隙,以便清除废料与杂物;另一个作用是可调整挡销的厚度来控制顶杆的位置及顶出距离。

5. 优先复位机构设计

采用斜导柱侧抽芯机构,有可能发生滑块复位先于模具中推杆复位的现象,导致滑块上的侧向型芯与模具中的推杆发生碰撞,这种现象在模具设计中称为干涉现象。侧向抽芯与推杆发生干涉的可能性出现在两者垂直于开模方向的投影发生重合的条件下,因此只要结构允许,应尽量避免,必须采取一定的措施优先使推杆复位,然后才允许滑块复位,只有这样才能避免干涉。

在本次设计中,由于模具结构限制,发生了干涉现象,采用铰链式先复位机构。铰链式先复位机构见图6-69。

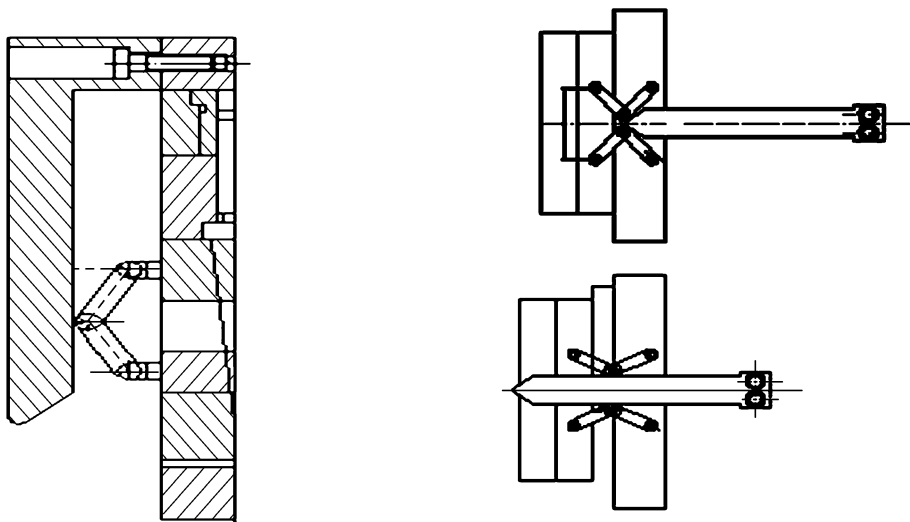


图 6-69 铰链式先复位机构

6. 侧向抽芯机构设计

1) 抽拔力的计算

抽拔力的计算公式为

$$Q = \frac{2\pi r_{cp} E \varepsilon h K_f}{(1 + \mu + K_\lambda) \cos \beta}$$

式中 E ——塑料的拉伸弹性模量 (MPa), ABS 塑料取 2×10^3 MPa;

ε ——塑料的平均成型收缩率, 取 0.6%;

μ ——塑料的泊松比, 取 0.3;

β ——型芯的脱模斜度, 取 1° ;

h ——型芯脱模方向高度, 取 33mm;

r_{cp} ——型芯的平均半径 (mm);

K_f ——脱模斜度修正系数;

K_λ ——后壁制品的计算系数。

在上述公式中 K_f 和 K_λ 有相应的计算公式, 有

$$K_f = \frac{f \cos \beta - \sin \beta}{1 + f \sin \beta \cos \beta}$$

式中 f ——制品与钢材表面之间的静摩擦系数, 取 0.45;

β ——型芯的脱模斜度, 取 1° 。

$$K_\lambda = \frac{2\lambda^2}{\cos \beta + 2\lambda \cos \beta}$$

式中 λ ——比例系数, $\lambda = \frac{r_{cp}}{t}$, 其中 t 为制品壁厚。

在脱模力计算中, 将 $\lambda = \frac{r_{cp}}{t} \geq 10$ 的制品视为薄壁制品, 反之, 则视为厚壁制品。制品对型芯包紧的脱模阻力计算公式如下。

因为 $\lambda = \frac{r_{cp}}{t} = \frac{6.7}{4} = 1.675 \leq 10$, 所以制品为厚壁制件。

根据上述公式得

$$K_\lambda = \frac{2 \times 1.675^2}{\cos 1^\circ + 2 \times 1.675 \cos 1^\circ} = 1.28$$

$$K_f = \frac{0.45 \cos 1^\circ - \sin 1^\circ}{1 + 0.45 \sin 1^\circ \cos 1^\circ} = 0.43$$

$$Q = \frac{2\pi \times 6.7 \times 2 \times 10^3 \times 0.6\% \times 33 \times 0.43}{(1 + 0.3 + 1.28) \times \cos 1^\circ} = 1867 \text{ N}$$

2) 斜导柱的设计

(1) 斜导柱斜角的确定。斜导柱的斜角 α (斜导柱中心线与抽芯方向的垂面之间的夹角 θ) 越大, 斜导柱的有效长度 L_4 越小, 斜导柱所受的弯曲应力 N 越大, 而斜导柱截面尺寸大小又随 L_4 和 N 的增大而增大, 所以斜角 α 不能太大, 但也不能太小。根据分析, 斜角 α 值取 $22^\circ 30'$ 最为合理, 但考虑斜导柱的强度, 在开模行程允许的情况下, 斜角应尽量取小些。一般 $\alpha = 15^\circ \sim 20^\circ$ 。 α 常值为 15° 、 18° 、 20° 、 25° 。但考虑有较大的抽芯距离, 所以取 $\alpha = 25^\circ$ 。

(2) 斜导柱的安装固定形式及表面要求。斜导柱与定模底板的配合为 H7/m6, 滑动表面

的粗糙度为 $Ra\ 0.8\sim 0.4\mu\text{m}$ 。斜导柱的材料多用 T8、T10 及 20 钢渗碳处理，淬火硬度达 HRC55 以上。

(3) 斜导柱的长度和所需的最小开模行程。模具的开模方向和抽芯方向垂直，斜导柱有效长度的公式为

$$L_4 = \frac{S_{\text{抽}}}{\sin \alpha}$$

最小开模行程公式为

$$H_c = S_{\text{抽}} / \cot \alpha$$

式中 $S_{\text{抽}}$ ——抽芯距；

α ——斜导柱的斜角。

斜导柱长度的计算公式为

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S_{\text{抽}}}{\sin \alpha} + L_5$$

式中 L ——斜导柱的总长度；

D ——斜导柱台肩直径；

d ——斜导柱工作部分直径；

h ——斜导柱固定板的厚度；

$S_{\text{抽}}$ ——抽芯距；

α ——斜导柱的斜角；

$D=25\text{mm}$ ， $d=20\text{mm}$ ， $h=32\text{mm}$ ， $S_{\text{抽}}=33+(3\sim 5)=36\text{mm}$ ， $\alpha=25^\circ$ ，根据上述公式得出

$$L = \frac{25}{2} \tan 25^\circ + \frac{32}{\cos 25^\circ} + \frac{20}{2} \tan 25^\circ + \frac{36}{\sin 25^\circ} + 13 = 154.14\text{mm}$$

取 $L=157\text{mm}$ 。

$$H_c = \frac{S_{\text{抽}}}{\cot \alpha} = \frac{36}{\cot 25^\circ} = 16.78\text{mm}$$

取 $H_c=17\text{mm}$ 。

(4) 斜导柱所受的弯曲应力计算。弯曲应力的有关公式为

$$N = \frac{Q}{\cos \alpha (1 - 2f \tan \alpha - f^2)}$$

式中 N ——斜导柱所受的弯曲应力；

Q ——抽拔阻力；

f ——钢材之间的摩擦系数，取 0.15；

α ——斜导柱的斜角。

根据该式得

$$N = \frac{1\ 867}{\cos 25^\circ (1 - 2 \times 0.15 \times \tan 25^\circ - 0.15^2)} = 2\ 489\text{N}$$

(5) 斜导柱的断面尺寸设计。斜导柱的断面尺寸取决于所受的弯曲力。

由于一般斜导柱的结构设计均能满足强度要求，所以强度计算多用于核算。

$$M_{\text{大}} = NL_4$$

式中 $M_{\text{大}}$ ——最大弯距 ($\text{N} \cdot \text{m}$);
 N ——斜导柱所受的最大弯曲力 (N);
 L_4 ——斜导柱的有效长度 (m).

对于圆形截面的斜导柱, 有

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{大}}}{0.1\sigma_{\text{许}}}} = \sqrt[3]{\frac{NL_4}{0.1\sigma_{\text{许}}}}$$

式中 $\sigma_{\text{许}}$ ——许用弯曲应力 (Pa), 对于碳钢, 可取 $\sigma_{\text{许}} = 13\,720 \times 10^4 \text{Pa}$.

根据以上公式得

$$M_{\text{大}} = 2\,489 \times \frac{36 \times 10^{-3}}{\sin 25^\circ} = 99.565 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{99.565}{0.1 \times 13\,720 \times 10^4}} = 19.3 \text{mm}$$

取 $d = 20 \text{mm}$.

斜导柱的结构示意图如图 6-70 所示。

3) 滑块的设计

由于斜导柱只起驱动滑块的作用, 滑块运动平稳性由滑块与导滑槽的配合精度保证, 闭模后滑块的最终位置由压紧楔保证, 型腔内塑料对滑块的侧向力由压紧楔承受。因此, 为了运动灵活, 斜导柱与滑块间采用比较松动的配合, 需保持 $0.5 \sim 1.0 \text{mm}$ 的间隙。

滑块长度为宽度的 1.5 倍。滑块在完成抽芯之后, 有 $2/3$ 的长度停留在导滑槽内, 以免复位困难。导滑槽应有足够的长度, 设计成滑块宽度的 1.5 倍。

侧型芯与滑块的连接形式采用组合式滑块, 将侧型芯、滑块分开制造, 然后安装在一起。用销固定, 销的直径为 $\phi 5 \text{mm}$ 。组合式滑块具体结构如图 6-71 所示。

4) 楔紧块的设计

楔紧块的工作部分一般都是斜楔面, 为了保证斜楔面能在合模时压紧滑块, 而在开模时又能迅速脱开滑块, 以避免压紧块影响斜导柱对滑块的驱动, 楔角 α' 都要比斜导柱的倾角 α 大一些, 在此模具中, $\alpha' = \alpha' + 3^\circ = 28^\circ$ 。这样做的优点是: 当楔紧块的工作面磨损较大时, 只需将楔紧块向下打几下即可, 不用更换新的楔紧块, 节省了材料。楔紧块和定模座的配合为过盈配合。管座塑件注射模见图 6-72。

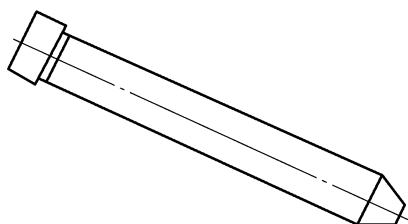


图 6-70 斜导柱的结构示意图

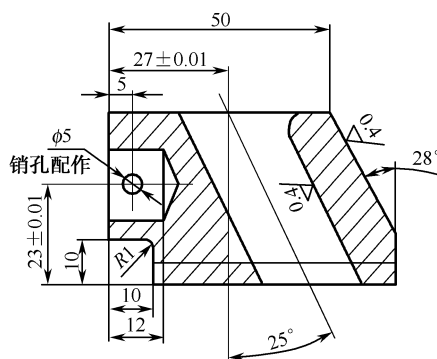


图 6-71 组合式滑块具体结构

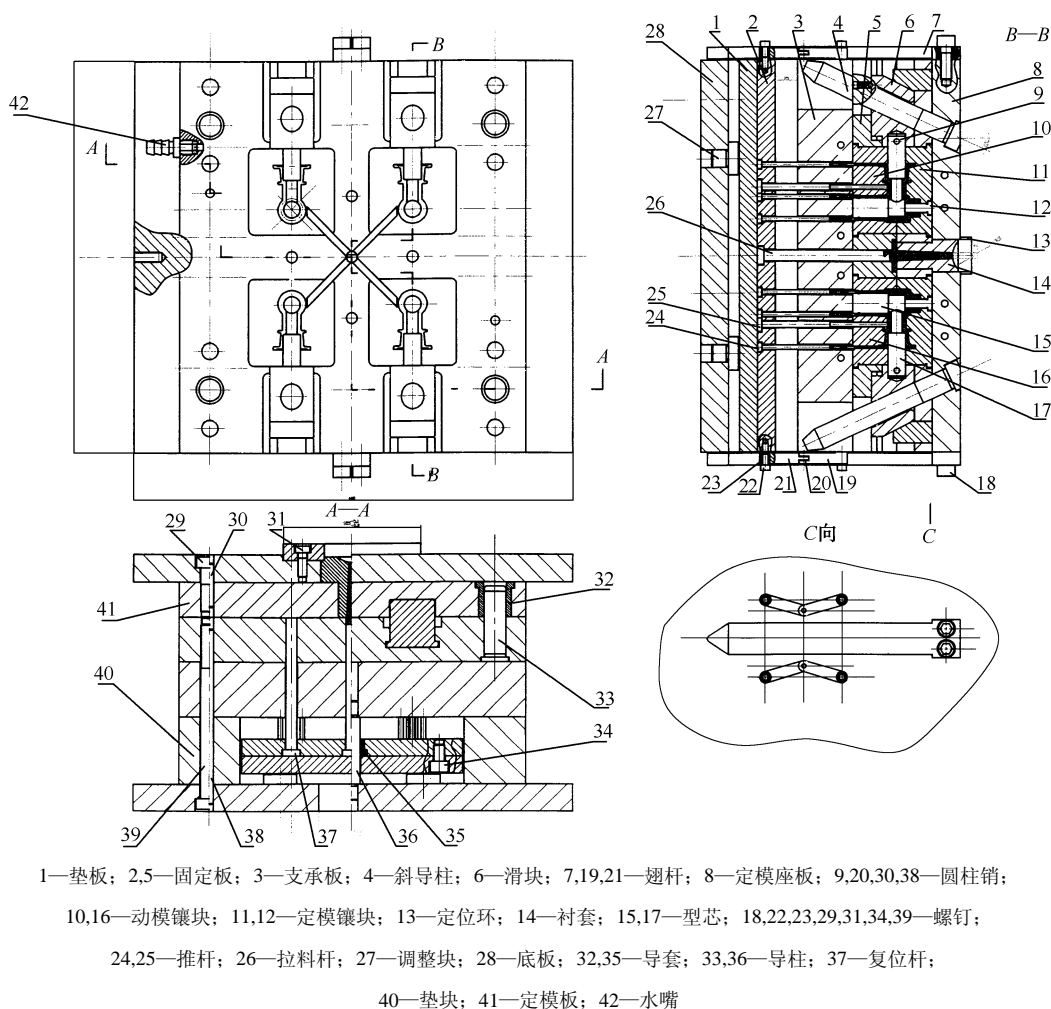


图 6-72 管座塑件注射模

6.1.12 安装座体注射模设计

1. 塑料制件的工艺分析

安装座体塑件如图 6-73 所示, 现对其进行如下分析。

1) 尺寸和精度

该制件的壁厚 $t=3\text{mm}$, 制件对尺寸的要求为一般精度, 该制件的外形尺寸公差选用 IT8 级, 配合尺寸公差选用 IT12 级。

2) 表面粗糙度

塑料制品的表面粗糙度, 除了在成型时从工艺上尽可能避免冷疤、云纹等疵点外, 主要是由模具粗糙度决定的。一般模具表面粗糙度要比塑料制品高一级。

3) 脱模斜度

在塑件的内表面和外表面, 沿脱模方向均应设计足够的脱模斜度, 否则会发生脱模困难, 或顶出时拉坏擦伤塑件。该制件的材料为 PA66, 根据制件要求脱模斜度为 1° 。

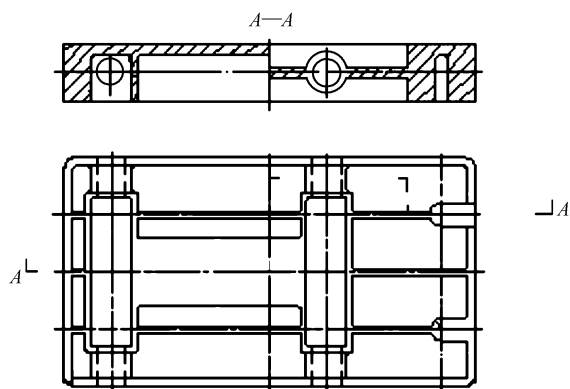


图 6-73 安装座体塑件

4) 圆角

在塑件成型时设计圆角, 可使熔料流动阻力小, 有利于改善流动充模特性, 可以防止因塑料收缩而导致的塑件变形, 增加了制件的合格率; 因锐角而引起的应力集中, 使塑件的强度增大, 模具使用寿命延长, 塑件外形也因圆弧过渡而显得美观; 同时, 与塑件相对应的模具成型零件在热处理时不易裂口, 强度大为增加。在塑件上设计圆角时, 应尽可能取大值。制件的圆角除规定外, 其他均为 $R1$ 。

2. 塑料材料的成型特性与分析

1) 聚酰胺 (PA66) 的性能

聚酰胺 (PA66) 的使用性能是坚韧、耐磨、耐疲劳、耐油、耐水、抗霉菌, 但吸水大。其中 PA66 强度高, 耐磨性好。

PA66 的物理及力学性能见表 6-2。

2) 聚酰胺的成型特性

熔点较高, 熔融温度范围较窄, 熔融状态热稳定性差, 料温超过 300°C , 滞留时间超过 30min, 易分解。

表 6-2 PA66 的物理及力学性能

塑料性能			单位	聚酰胺 (PA66)
物理性能	密度		g/cm^3	1.10
	比体积		cm^3/g	0.91
	吸水率	24h	%	0.9~1.6
		长时期		7~10.0
力学性能	摩擦系数			0.11~0.19
	屈服强度		MPa	89
	抗拉强度		MPa	74
	断裂伸长率		%	28
	拉伸弹性模量		GPa	1.2~2.8

续表

塑 料 性 能			单 位	聚酰胺（PA66）
力学性能	拉弯强度		MPa	126
	弯曲弹性模量		GPa	2.8
	抗压强度		MPa	71~98
	抗剪强度		MPa	67
	冲击 韧度	无缺口	kJ/m²	49
		有缺口		6.5
	布氏硬度 HBS			12.2

6

较易吸湿，成型前应预热干燥，并应防止再吸湿，含水量不得超过 0.3%。吸湿后流动性下降，易出现银丝等弊病。高精度塑件应经调湿处理，否则处理后发生尺寸胀大现象。

流动性好，溢边值一般为 0.02，易溢料，要发生“流涎现象”，用螺杆式注射机注射时喷嘴用自锁式结构，并应加热，螺杆应带止回环。

成型收缩范围大，收缩率大，取向性明显，易发生缩孔、凹痕、变形等弊病，成型条件应稳定。

熔料冷却速度对结晶度影响较大，对塑件结构及性能有明显影响。故应正确控制模温，一般为 20~90℃，按壁厚选，模温低易产生缩孔、结晶度低等现象，对要求伸长率高、透明度高、柔软性较好的薄壁塑件宜取低模温，对要求硬度高、耐磨性好及在使用时变形小的厚壁塑件宜取高模温。

成型条件对塑件成型收缩、缩孔、凹痕等影响较大，料筒温度按尼龙品种、塑件形状及注射机类型而异。柱塞式注射机宜取高温，一般料温不宜超过 300℃，受热时间不宜超过 30min，料温高则收缩大，易出飞边，注射压力按注射机类型、料温、塑件形状尺寸、模具浇注系统而异，注射压力高易出飞边，收缩小，取向性强，注射压力低易发生凹痕、波纹。成型周期按塑件壁厚而定，注射时间及保压时间对塑件收缩、凹痕、变形、缩孔影响较大，为了较少收缩及出现凹痕、缩孔，一般宜取低模温，低料温，高注射压力的成型条件，以及采用白油做脱模剂。

模具浇注系统形式、尺寸和加工与聚苯乙烯相似，但增大流道及进料口截面尺寸可改善缩孔及凹痕现象。收缩率一般因壁厚而异，厚壁取大值，薄壁取小值。模温分布应均匀，应注意防止出飞边，设置排气措施。

3) PA66 的化学性能

日光及气候影响：在阳光下暴晒半年后，其物理力学性能，特别是冲击韧性和延伸率将明显下降；若添加抗氧化剂及紫外线或加碳黑，其耐日光照射性能将会有明显改善。

耐酸性及对盐溶液的稳定性：能被硫酸、甲酸、乙酸等溶解或部分溶解，能被硝酸、盐酸水解。

耐碱性：能耐各种浓度的碱。

耐有机溶剂性：不受醇、酯碳氢化合物、卤化碳氢化合物、酮等的影响。

4) PA66 的注射工艺参数 (见表 6-3)

表 6-3 PA66 的注射工艺参数

项 目		PA66
注射机类型		螺杆式
螺杆转速 (r/min)		20~40
喷嘴	形式	直通式
	温度 (°C)	250~260
机筒温度 (°C)	前段	260~270
	中段	260~290
	后段	230~260
模具温度 (°C)		100~120
注射压力 (MPa)		80~130
保压力 (MPa)		40~50
注射时间 (s)		20~50
保压时间 (s)		5~8
冷却时间 (s)		20~40
成型周期 (s)		50~100

3. 方案论证

方案一采用一模一腔组合式凹模结构, 分型面在 $A-A$ 处, 如图 6-74 和图 6-75 所示。

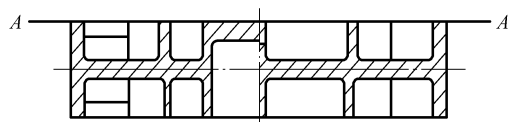


图 6-74 方案一 (1)

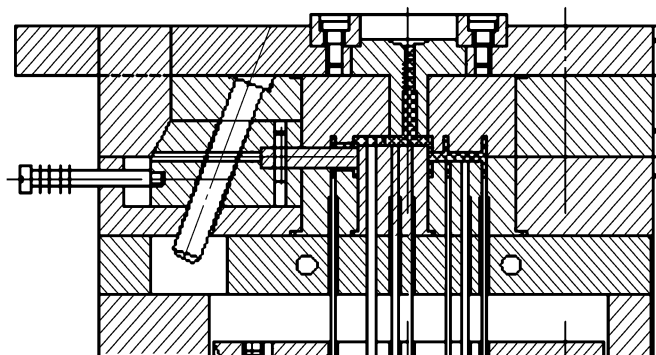


图 6-75 方案一 (2)

方案二采用一模一腔整体式凸凹模结构，分型面在 $A-A$ 处，如图 6-76 和图 6-77 所示。

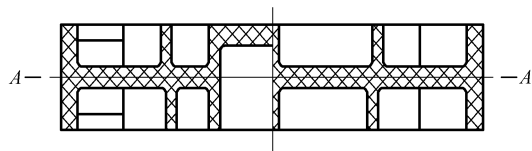


图 6-76 方案二 (1)

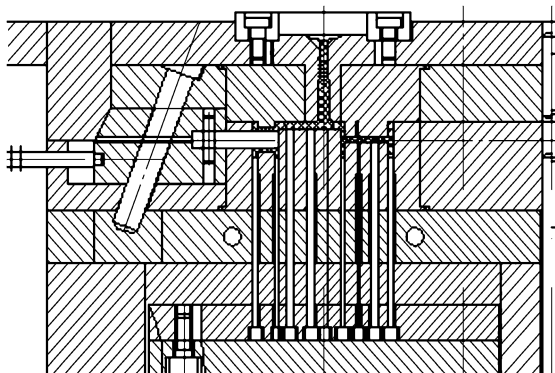


图 6-77 方案二 (2)

方案三采用一模两腔整体式凸凹模结构，分型面在 $A-A$ 处，分别如图 6-78 和图 6-79 所示。

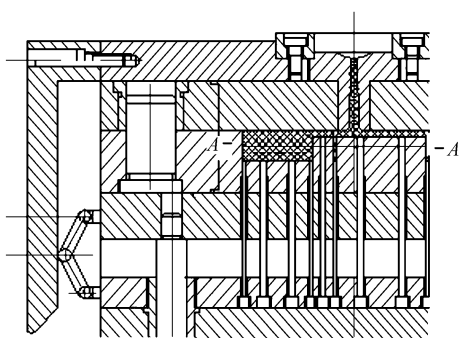


图 6-78 方案三 (1)

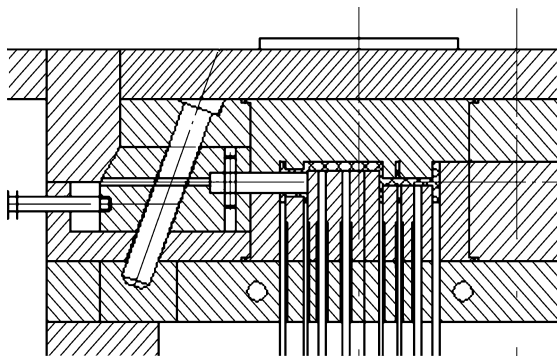


图 6-79 方案三 (2)

方案一采用了一模一腔组合式凸凹模，这种结构简化了模具型腔结构，制造相对容易，侧孔通过斜导柱和滑块来完成。但是这种结构生产效率不高，由于分型面在表面的中间，在制件的表面会形成一道痕迹，影响了外观质量。

方案二采用了一模一腔整体式凸凹模，这种结构简单，侧孔通过斜导柱和滑块来实现。但是这样结构的生产效率低，不满足经济性要求。

方案三采用一模两腔整体式凸凹模，由于制件比较规则，并没有复杂凸凹模的结构，加工也没有造成困难，侧孔也是通过斜导柱和滑块来形成的，这种结构能够保证制件的外观质量，大大提高了制件的生产效率。

综上所述，方案三弥补了方案一和方案二中的缺点，既保证了制件的形状要求和精度要求，又满足经济性要求，故选择方案三作为本次设计的最终方案。

4. 注射机的选择

1) 制件体积的计算

$$\begin{aligned}
 V &= 144 \times 80 \times 20 - 52 \times 14 \times 16 \times 2 - 20 \times 16 \times 57 - 57 \times 6 \times 8 \times 2 - 57 \times 7 \times 8 \times 2 - 17 \times 8 \\
 &\quad \times 62 \times 2 - 16 \times 8 \times 62 \times 2 - 16 \times 8 \times 33 \times 4 - 33 \times 8 \times 4 \times 18 - 18 \times 6 \times 2 \times 2 \times 8 - 8 \times 2 \\
 &\quad \times 2 \times 6 - 3.14 \times 5 \times 5 \times 4 \\
 &= 230\,400 - 23\,296 - 18\,240 - 5\,472 - 6\,384 - 16\,864 - 15\,872 - 16\,896 - 19\,008 - 3\,456 - \\
 &\quad 192 - 314 \\
 &= 104\,406 \text{ mm}^3 \\
 &\approx 104.4 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

2) 根据注射量初选注射机

考虑到补塑等因素，有

$$0.8V_L \geq 2V + V_J$$

式中 V_L ——注射机的理论注射量 (cm^3);

V ——制件的体积 (cm^3);

V_J ——浇注系统的体积 (cm^3);

浇注系统的体积约为 $V_J \approx 2.2 \text{ cm}^3$ 。

采用一模两腔的模具结构，则一次注射的塑料体积 $V_L = 2V + 2.2 = 211 \text{ cm}^3$ ，有

$$V_L \geq \frac{2V + V_J}{0.8} = \frac{2 \times 104.4 + 2.2}{0.8} = 263.75 \text{ cm}^3$$

由上式初选注射机型号为 XS-ZY-350。具体参数见表 6-4。

表 6-4 初选注射机参数

项 目		XS-ZY-350
结构形式		卧式
理论注射量 (cm^3)		350
螺杆直径 (cm^2)		55
注射压力 (MPa)		350
锁模力 (kN)		2 540
最大注射面积 (cm^2)		645
模具厚度	max (mm)	406
	min (mm)	195
模板尺寸 (mm)		315×500
模板行程 (mm)		260
定位孔直径 (mm)		125

续表

项 目		XS-ZY-350
喷嘴	球半径 (mm)	18
	孔径 (mm)	4
顶出	孔径 (mm)	75
	孔距 (mm)	—

6

3) 注射机的校核
(1) 锁模力的校核。

$$F_{\text{锁}} > P_{\text{腔}} \times A / 1000 = 49 \times (144 \times 80 \times 2 + 7 \times 43 \times 2) / 1000 = 1\,158.458 \text{ kN}$$

式中 $P_{\text{腔}}$ ——型腔的平均压力，取 49MPa；
 $F_{\text{锁}}$ ——注射机的额定锁模力（2 540kN）；
 A ——塑件及浇注系统在分型面上的投影面积（mm²）。

(2) 开模行程的校核。

$$S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) = 4 + 20 + 10 = 34 \text{ mm}$$

式中 S ——注射机的最大开模行程，取 260mm；
 H_1 ——制件的顶出距离（mm）；
 H_2 ——包括流道凝料在内的制件高度（mm）。

5. 浇注系统的设计

1) 主流道的设计

主流道的几何形状和尺寸如图 6-80 所示，其截面的形状为圆形。主流道截面积的大小影响塑料熔体的流速和充模时间，在此模具中，主流道的进口端的截面直径为

$$\begin{aligned} d &= \text{注射机喷嘴孔径} + (0.5 \sim 1) \text{ mm} \\ &= 4 + 0.5 \\ &= 4.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

α 为主流道的锥度，一般在 2° ~4° 范围内选取，对黏度大的塑料可取 3° ~6°，在本次设计中取 3°。

L 为主流道长度，根据模具的具体结构，在设计时确定。根据成型性能，浇注系统的形式及尺寸可与成型聚苯乙烯时相似，但增大浇道及浇口截面尺寸可以改善缩孔和凹陷情况。

主流道表壁的表面粗糙度应小于 $Ra\,0.63 \sim 1.25 \mu\text{m}$ 。

在保证制品成型的条件下，主流道长度应尽量短，以减小压力损失和减少废料量。如果主流道过长，则会使塑料熔体的温度下降而影响充模，因此根据模具结构的设计取 $L=46 \text{ mm}$ 。

主流道进口端与喷嘴头部接触处应做成凹下的球面，以便与喷嘴头部的球半径匹配。否

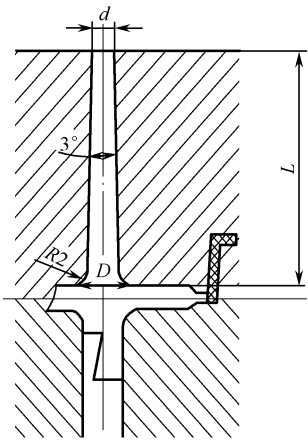


图 6-80 主流道的几何形状和尺寸

则容易漏料，给脱卸主流道凝料造成困难。通常要求主流道进口端凹下的球面半径要比喷嘴半径大 $1\sim 2\text{mm}$ ，凹下深度约为 $3\sim 5\text{mm}$ 。

2) 主流道衬套的设计

由于注射成型时主流道要与高温塑料熔体和注射机喷嘴反复接触和碰撞，所以一般都不将主流道直接开在定模上，而是将它单独开设在一个嵌套中，然后将此套再嵌入定模内，该嵌套称为主流道衬套。采用主流道衬套以后，不仅给主流道的加工和热处理及衬套本身的选材等工作带来很大方便，而且在主流道损坏后也便于修磨或更换。

主流道衬套的结构采用如图 6-81 所示形式，此设计是为了防止衬套在塑料熔体反作用下退出定模，使用时固定在定模上的定位环压住衬套大端台阶即可。

根据模具结构，具体设计如下。

$R_1=18\text{mm}$ ， $R_2=18+2=20\text{mm}$ ， $D=58\text{mm}$ ， $D_1=50\text{mm}$ ， $d=20\text{mm}$ ， $l=4\text{mm}$ ， $L=50\text{mm}$ ， $L_1=18\text{mm}$ 。

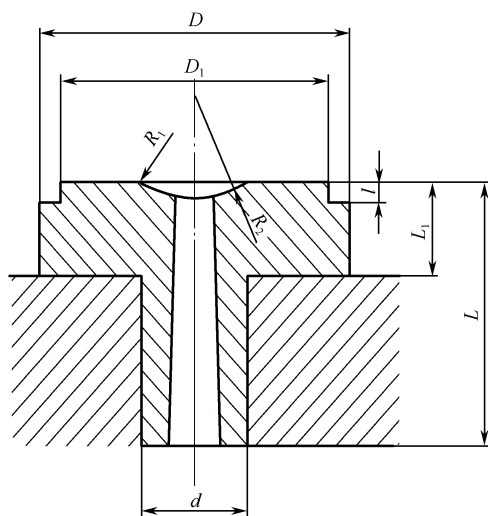


图 6-81 主流道衬套的结构

由于主流道衬套里侧端面承受熔体高压，入口端面受喷嘴的冲撞和挤压，要有足够的硬度和可靠紧固，所以主流道衬套要选用优质钢材 T8A，热处理后硬度为 HRC53~57。衬套的长度应与定模配合部分的厚度一致。主流道出口处的端面不得突出在分型面上，否则不仅会造成溢料，而且还会压坏模具。衬套与定模之间的配合采用 H7/m6。

3) 定位环的设计

定位环与注射机定模固定板中心的定位孔相配合，作用是为了使主流道与喷嘴和机筒对中。

设计定位环时应注意以下事项：

定位环与注射机定模固定板上的定位孔之间采取比较松动的间隙配合 H11/h11。对于小型模具，定位环与定位孔的配合长度可取 $8\sim 10\text{mm}$ 。在本模具中，采用用定位环压住主流道衬套，以防衬套退出定模的结构。

4) 分流道的设计

分流道形状的选择:

分流道的形状有圆形截面、梯形截面、U形截面、半圆形截面和矩形截面。考虑各个形状的加工难易程度和对整个浇注过程的影响,在本次设计中采用梯形截面,因为梯形截面分流道容易加工,且熔体的热量散发和流动阻力都不大,比较常用。

分流道的截面尺寸如图 6-82 所示。

$\alpha=5^{\circ} \sim 10^{\circ}$, $h=5\text{mm}$, $b=7\text{mm}$, 分流道长度 $L=43\text{mm}$ 。

分流道表壁的表面粗糙度不宜太小,以免将冷料带入模腔,一般要求达到 $Ra\ 1.25 \sim 2.5\mu\text{m}$ 即可。

5) 浇口的选择和设计

在设计中采用侧浇口的结构形式如图 6-83 所示,它的主要特点是:形状比较简单,加工较方便;在一模多腔的分流道非平衡布置的模具上,修正浇口也比较容易,有时在生产现场也可以进行;几乎各种塑料都可使用这种浇口形式。

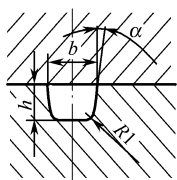


图 6-82 分流道的截面尺寸

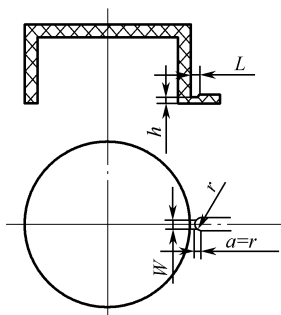


图 6-83 侧浇口的结构形式

在侧浇口的三个尺寸中,以浇口深度 h 最为重要。它控制着浇口内熔体的凝固时间和型腔内熔体的补塑程度。浇口宽度 W 的大小对熔体体积流量有直接影响。浇口长度 L 在结构允许的情况下以短为佳,一般中小型模具 $L=0.5 \sim 0.8\text{mm}$, 确定侧浇口深度和宽度的经验公式为

$$h=nt$$

$$W=\frac{n\sqrt{A}}{30}$$

式中 h ——侧浇口深度 (mm), 中小型模具 $h=0.5 \sim 2\text{mm}$, 约为制品最大壁厚的 $1/3 \sim 2/3$;

t ——制品壁厚 (mm);

n ——塑料材料系数, $n=0.8$;

W ——浇口宽度 (mm);

A ——型腔表面积 (mm^2)。

最后得出数据如下:

浇口的截面高度 $h=2\text{mm}$; 浇口的截面宽度 $W=1.5\text{mm}$; 浇口长度 $L=0.8\text{mm}$; 分流道与浇口接触处圆角 $r=1\text{mm}$; 浇口与模腔连接处做成 0.5mm 的圆角, 以防止制件和浇口分离时剥伤制件。

6) 冷料穴的设置

冷料穴的作用是收集塑料熔体的冷料，避免它们流入模腔后在制品上形成冷疤、冷疵等缺陷或降低熔接痕强度。在此模具中选用带有钩头（Z 形头）拉料杆的冷料穴。其形状如钩头，制品成型后，穴内冷料与拉料杆的钩头搭接在一起，拉料杆底部固定在注射模的推杆固定板上。开模时，拉料杆首先通过钩头拉住穴内冷料，使主流道凝料脱出定模，然后又随顶出机构运动将凝料与制品一起顶出动模。

6. 成型零部件设计

1) 动模镶块的结构设计

动模镶块采用整体嵌入式，整体嵌入式凸凹模的特点是其型腔部分仍用整体的模具材料加工制造而成，但它们必须嵌入到固定板或某些特制的模套中才能使用。它的优点是：镶块嵌入固定板或模套后，其结构强度和刚度将会提高，因此使用起来比较可靠，不易变形，可以达到节省材料的目的。

2) 成型零部件工作尺寸计算

(1) 型腔内形尺寸。

$$L_M = \left[L + LS - \frac{\Delta}{2} - \frac{\delta_z}{2} \right]_0^{+\delta_z} \text{ (mm)}$$

$$L'_M = [L_M - K]_0^{+\delta_z} \text{ (mm)}$$

式中 L_M ——型腔内形尺寸 (mm)；

L'_M ——型腔内形的小端尺寸 (mm)；

L ——制品外形的基本尺寸或最大极限尺寸 (mm)；

S ——塑料的平均收缩率 (%)，取 $S=1.5\%$ ；

Δ ——制品公差或偏差 (mm)；

δ_z ——成型零件的制造公差或偏差 (mm)，取 8 级；

K ——脱模斜度 (mm)， $K=2\tan 1^\circ \times h$ 。

$$\left(144 + 144 \times 1.5\% - \frac{0.4}{2} - \frac{0.6}{2} \right)_0^{+0.6} = 144.66_0^{+0.6}$$

$$144.66 - 0.7 = 143.96_0^{+0.6}$$

$$\left(18 + 18 \times 1.5\% - \frac{0.8}{2} - \frac{0.2}{2} \right)_0^{+0.2} = 17.77_0^{+0.2}$$

$$17.77_0^{+0.2} - 0.28 = 17.49_0^{+0.2}$$

$$\left(80 + 80 \times 1.5\% - \frac{1.6}{2} - \frac{0.4}{2} \right)_0^{+0.4} = 80.2_0^{+0.4}$$

$$80.2_0^{+0.4} - 0.7 = 79.5_0^{+0.4}$$

$$\left(56 + 56 \times 1.5\% - \frac{1.4}{2} - \frac{0.35}{2} \right)_0^{+0.35} = 55.965_0^{+0.35}$$

$$55.965^{+0.35}_0 - 0.28 = 55.685^{+0.35}_0$$

$$\left(42 + 42 \times 1.5\% - \frac{1.2}{2} - \frac{0.3}{2}\right)^{+0.3}_0 = 41.88^{+0.3}_0$$

$$41.88^{+0.3}_0 - 0.28 = 41.6^{+0.3}_0$$

$$\left(40 + 40 \times 1.5\% - \frac{1.0}{2} - \frac{0.25}{2}\right)^{+0.25}_0 = 39.975^{+0.25}_0$$

$$39.975^{+0.25}_0 - 0.28 = 39.695^{+0.25}_0$$

$$\left(24 + 24 \times 1.5\% - \frac{0.88}{2} - \frac{0.22}{2}\right)^{+0.22}_0 = 23.81^{+0.22}_0$$

$$23.81^{+0.22}_0 - 0.28 = 23.53^{+0.22}_0$$

$$\left(2 + 2 \times 1.5\% - \frac{0.48}{2} - \frac{0.12}{2}\right)^{+0.12}_0 = 1.73^{+0.12}_0$$

$$1.73^{+0.12}_0 - 0.28 = 1.45^{+0.12}_0$$

$$\left(8 + 8 \times 1.5\% - \frac{0.64}{2} - \frac{0.16}{2}\right)^{+0.16}_0 = 7.72^{+0.16}_0$$

$$7.72^{+0.16}_0 - 0.28 = 7.44^{+0.16}_0$$

$$\left(14 + 14 \times 1.5\% - \frac{0.72}{2} - \frac{0.18}{2}\right)^{+0.18}_0 = 13.76^{+0.18}_0$$

$$13.76^{+0.18}_0 - 0.28 = 13.48^{+0.18}_0$$

(2) 型芯内形尺寸。

$$l_M = \left[l + lS + \frac{\Delta}{2} + \frac{\delta_z}{2} \right]^{+0}_{-\delta_z} \text{ (mm)}$$

$$l'_M = [l_M + K]^{+0}_{-\delta_z} \text{ (mm)}$$

式中 l_M ——型腔内形尺寸 (mm);

l'_M ——型腔内形的小端尺寸 (mm);

l ——制品外形的的基本尺寸或最大极限尺寸 (mm);

S ——塑料的平均收缩率 (%), 取 $S=1.5\%$;

Δ ——制品公差或偏差 (mm);

δ_z ——成型零件的制造公差或偏差 (mm), 取 8 级;

K ——脱模斜度 (mm), $K=2\tan 1^\circ \times h$ 。

$$\left(74+74 \times 1.5 \% + \frac{1.6}{2} + \frac{0.4}{2}\right)_{-0.4}^0 = 76.11_{-0.4}^0$$

$$76.11_{-0.4}^0 + 0.28 = 76.39_{-0.4}^0$$

$$\left(52+52 \times 1.5 \% + \frac{0.46}{2} + \frac{0.115}{2}\right)_{-0.115}^0 = 53.067_{-0.115}^0$$

$$53.067_{-0.115}^0 + 0.56 = 53.627_{-0.115}^0$$

$$\left(38+38 \times 1.5 \% + \frac{1.0}{2} + \frac{0.25}{2}\right)_{-0.25}^0 = 39.195_{-0.25}^0$$

$$39.195_{-0.25}^0 + 0.28 = 39.475_{-0.25}^0$$

$$\left(36+36 \times 1.5 \% + \frac{1.0}{2} + \frac{0.25}{2}\right)_{-0.25}^0 = 37.165_{-0.25}^0$$

$$37.165_{-0.25}^0 + 0.28 = 37.445_{-0.25}^0$$

$$\left(20+20 \times 1.5 \% + \frac{0.28}{2} + \frac{0.07}{2}\right)_{-0.07}^0 = 20.475_{-0.07}^0$$

$$20.475_{-0.07}^0 + 0.56 = 21.035_{-0.07}^0$$

$$\left(138+138 \times 1.5 \% + \frac{2.2}{2} + \frac{0.55}{2}\right)_{-0.55}^0 = 141.445_{-0.55}^0$$

$$141.445_{-0.55}^0 + 0.28 = 141.725_{-0.55}^0$$

$$\left(14+14 \times 1.5 \% + \frac{0.24}{2} + \frac{0.06}{2}\right)_{-0.06}^0 = 14.36_{-0.06}^0$$

$$14.36_{-0.06}^0 + 0.56 = 14.92_{-0.06}^0$$

$$\left(57+57 \times 1.5 \% + \frac{1.4}{2} + \frac{0.35}{2}\right)_{-0.35}^0 = 58.73_{-0.35}^0$$

$$58.73_{-0.35}^0 + 0.28 = 59.01_{-0.35}^0$$

$$\left(4+4 \times 1.5 \% + \frac{0.56}{2} + \frac{0.14}{2}\right)_{-0.14}^0 = 4.41_{-0.14}^0$$

$$4.41_{-0.14}^0 + 0.56 = 4.97_{-0.14}^0$$

(3) 型腔深度尺寸。

$$H_M = \left[H + HS - \frac{\Delta}{2} - \frac{\delta_z}{2} \right]_0^{+\delta_z}$$

式中 H_M ——型腔深度尺寸 (mm);

H ——制品高度的基本尺寸或最大极限尺寸 (mm);

S ——塑料的平均收缩率 (%), 取 $S=1.5\%$;

Δ ——制品公差或偏差 (mm);

δ_z ——成型零件的制造公差或偏差 (mm), 取 8 级。

$$\begin{aligned} \left(4+4 \times 1.5\% - \frac{0.56}{2} - \frac{0.14}{2}\right)_0^{+0.14} &= 3.71_0^{+0.14} \\ \left(12+12 \times 1.5\% - \frac{0.72}{2} - \frac{0.18}{2}\right)_0^{+0.18} &= 11.71_0^{+0.18} \\ \left(20+20 \times 1.5\% - \frac{0.88}{2} - \frac{0.22}{2}\right)_0^{+0.22} &= 19.64_0^{+0.22} \end{aligned}$$

(4) 型芯高度尺寸。

$$h_M = \left[h + hS + \frac{\Delta}{2} + \frac{\delta_z}{2} \right]_0^0$$

式中 h_M ——型芯高度尺寸 (mm);

h ——制品型孔深度的基本尺寸或最小极限尺寸 (mm);

S ——塑料的平均收缩率 (%), 取 $S=1.5\%$;

Δ ——制品公差或偏差 (mm);

δ_z ——成型零件的制造公差或偏差 (mm), 取 8 级。

$$\begin{aligned} \left(8+8 \times 1.5\% - \frac{0.64}{2} - \frac{0.16}{2}\right)_0^{+0.16} &= 8.52_0^{+0.16} \\ \left(14+14 \times 1.5\% - \frac{0.72}{2} - \frac{0.18}{2}\right)_0^{+0.18} &= 13.76_0^{+0.18} \end{aligned}$$

(5) 中心距尺寸。

$$A_M = [A + AS] \pm \delta_z$$

式中 A_M ——型腔中心距最大尺寸 (mm);

A ——制件中心距尺寸 (mm);

δ_z ——成型零件的制造公差或偏差 (mm)。

$$\begin{aligned} (40+40 \times 1.5\%) \pm 0.09 &= 40.6 \pm 0.09 \\ (20+20 \times 1.5\%) \pm 0.07 &= 20.3 \pm 0.07 \\ (75+75 \times 1.5\%) \pm 0.26 &= 76.125 \pm 0.26 \end{aligned}$$

3) 成型零部件的强度和刚度计算

(1) 型腔壁厚 b 的计算。根据经验, 当 $L > 370\text{mm}$ 时, 采用刚度计算方法确定其壁厚; $L > 370\text{mm}$ 时, 则需采用强度计算方法确定其壁厚。在本次设计中, $L = 144\text{mm}$, 故用强度计算方法确定其壁厚。

$$b = \sqrt[3]{\frac{PaL^2}{2A[\sigma]}}$$

式中 L ——型腔长边尺寸(mm);
 a ——侧壁受力部分高度 (mm);
 A ——侧壁高度 (mm);
 P ——型腔压力 (MPa), 取 $P=49\text{MPa}$ 。

$$b = \sqrt[3]{\frac{49 \times 20 \times 144^2}{2 \times 40 \times 156.8}} = 39 \text{ mm}$$

(2) 支承板厚度 h 的计算。根据支承板的强度计算有,

$$\begin{aligned} h &= \left[\frac{3Pbl}{4B[\sigma]} (2L-l) \right]^{\frac{1}{2}} \times (0.65 \sim 0.8) \\ &= \left[\frac{3 \times 49 \times 80 \times 144}{4 \times 560 \times 160} \times (2 \times 203 - 144) \right]^{\frac{1}{2}} \times 0.8 \\ &= 28.15 \text{ mm} \\ &\approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 $[\sigma]$ ——许用应力 (Pa), 对于 45 钢, $[\sigma]=160\text{MPa}$;
 P ——型腔压力 (Pa), 一般为 $24.5 \sim 49\text{MPa}$, 在此取 49MPa ;
 L ——垫块跨度 (mm), 根据模具结构 $L=203\text{mm}$;
 l ——支承板的长度 (mm), 根据模具结构要求 $l=144\text{mm}$;
 B ——支承板的宽度 (mm), 取 560mm 。

7. 脱模机构设计

1) 顶出脱模机构的类别与设计原则

制件的顶出选用推杆脱模机构。设计原则: 应尽量留在动模一侧, 保证制件不因顶出而变形损坏; 机构应尽量简单可靠; 顶出零件应有足够的强度、刚度和硬度。

2) 脱模力的计算

$$\lambda = \frac{r_{cp}}{t}$$

式中 λ ——比例系数;
 r_{cp} ——型芯的平均半径 (mm)。

对厚壁矩形制品, 有

$$Q_c = \frac{2(l+b)E\varepsilon h k_f}{(1+\mu+k_\lambda)\cos\beta}$$

对薄壁矩形制品, 有

$$Q_c = \frac{8tE\varepsilon h k_f}{1-\mu}$$

式中 Q_c ——脱模力 (N);

E ——塑料的拉伸弹性模量, 取 $2.1 \times 10^3 \text{ MPa}$;

ε ——塑料的平均收缩率, 取 1.5%;

k_f ——脱模斜度修正系数;

β ——脱模斜度取 1° ;

μ ——塑料的泊松比;

k_λ ——厚壁制件的计算系数;

h ——型芯脱模方向高度 (mm)。

$$\begin{aligned} l &= l' - h \tan \beta \\ &= 138 - 16 \tan 1^\circ \\ &= 137.72 \text{ mm} \\ b &= b' - h \tan \beta \\ &= 74 - 16 \tan 1^\circ \\ &= 73.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

当量折算成直径为

$$\begin{aligned} d_k &= \frac{1}{2}(l+b) \\ &= 0.5 \times (137.72 + 73.72) \\ &= 105.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$d_k/t = 105.72/3 = 35.24 \text{ mm}$, 知该制件属于薄壁矩形件。

$$k_f = \frac{f \cos \beta - \sin \beta}{1 + f \sin \beta \cos \beta} = \frac{0.58 \cos 1^\circ - \sin 1^\circ}{1 + 0.58 \sin 1^\circ \cos 1^\circ} = 0.512$$

式中 f ——制件与钢表面的静摩擦系数, 取 0.58。

$$Q_c = \frac{8tE\varepsilon h k_f}{1 - \mu} = \frac{8 \times 3 \times 2.1 \times 10^3 \times 0.015 \times 16 \times 0.512}{1 - 0.46} = 11\,468.8 \text{ N}$$

$$Q'_c = 0.7 Q_c = 8\,028.16 \text{ N}$$

3) 推杆直径的确定

(1) 根据压杆稳定的公式, 可以得到推杆直径的计算公式为

$$d = k \left(\frac{L^2 \times Q'_c}{nE} \right)^{\frac{1}{4}} = 2 \times \left(\frac{120^2 \times 8\,028.16}{18 \times 2.1 \times 10^5} \right)^{\frac{1}{4}} = 4.7 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

式中 d ——推杆的最小直径 (mm);

k ——安全系数, 取 2;

L ——推杆的平均长度 (mm);

n ——推杆的个数, 取 18 个;

E ——钢材的弹性模量, 取 $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ 。

根据制件形状, 需要另外设置顶杆, 在此取 $d=4 \text{ mm}$, 根据制件的形状, 另设置 $d=2 \text{ mm}$ 的推杆 23 根, $d=3 \text{ mm}$ 的推杆 14 根, 具体布置参见装配图。

(2) 进行强度校核。

$$\sigma = \frac{4Q'_c}{n\pi d^2} = \frac{4 \times 8028.16}{18 \times 3.14 \times 4^2} \approx 35.51 \text{MPa} < [\sigma]$$

式中 σ ——推杆所受的应力 (MPa);

$[\sigma]$ ——推杆材料的许用应力, 取 320MPa;

Q'_c ——脱模力 (N);

n ——推杆数量;

d ——推杆直径 (mm)。

根据以上分析, 取推杆直径 $d=4\text{mm}$, 18 根; 取 $d=3\text{mm}$, 14 根; 取 $d=2\text{mm}$, 23 根, 能够满足要求。

(3) 推杆的布置与复位。推杆的布置如图 6-84 所示。

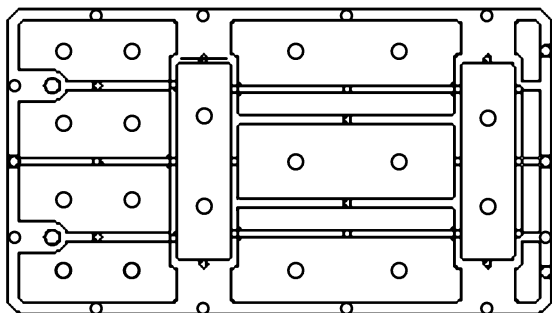


图 6-84 推杆的布置

推杆的固定形式如图 6-85 所示, 由于推杆相距较近, 故将重叠干涉的台阶磨去, 而将固定板的沉孔做成如图所示的沉孔。

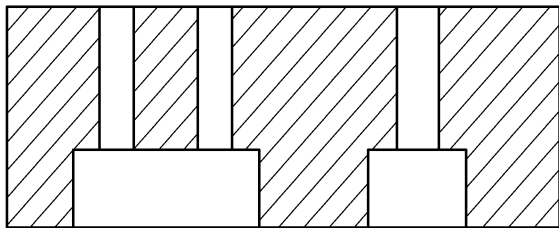


图 6-85 推杆的固定形式

8. 复位机构的设计

采用斜导柱侧抽芯机构, 有可能发生滑块复位先于模具中推杆复位的现象, 因此导致滑块上的侧向型芯与模具中的推杆发生碰撞, 这种现象在模具设计中称为干涉现象。侧向抽芯与推杆发生干涉的可能性出现在两者垂直于开模方向的投影发生重合的条件下, 因此只要结构允许, 应尽量避免把推杆布置在侧向型芯的投影内, 必须先使推杆复位, 然后才允许滑块复位, 只有这样才能避免干涉。

在本次设计中, 由于模具结构限制, 发生了干涉现象, 采用铰链式先复位机构, 如图 6-86 所示。

合模时,在斜导柱进入滑块的斜孔之前,由楔杆推动连杆组成的铰链机构使顶出系统后退,从而使推杆先复位,复位杆用于精确复位。

其中:

$$2R > l + l_0 = 25 + 24 = 49 \text{ mm}$$

$$R > 25 \text{ mm}$$

取 $R = 28 \text{ mm}$, $r = 4 \text{ mm}$, $h_1 = 13 \text{ mm}$, $B = 20 \text{ mm}$, $H = 27 \text{ mm}$, $h_0 = 10 \text{ mm}$, 楔杆总长度 $L = 187 \text{ mm}$, 楔角取 45° 。

9. 侧向分型与抽芯机构设计

1) 斜导柱的设计

(1) 抽拔距 s 的计算。

$$s = s_1 + (2 \sim 3) = 14 + 2 = 16 \text{ mm}$$

式中 s_1 ——侧孔深度。

(2) 抽拔力的计算。

$5/D = 2/10 = 1/5$, 侧孔属于厚壁。

$$Q' = \frac{2\pi r E \varepsilon L (f - \tan \phi)}{(1 + \mu + k_2) k_1} + 10B$$

式中 Q' ——抽拔力 (N);

ε ——塑料的平均收缩率, 取 1.5%;

ϕ ——脱模斜度, 取 1° ;

k_2 ——制件的计算系数, 查表得 $k_2 = 2.084$;

k_1 ——制件的计算系数, $k_1 = 1 + f \sin \phi \cos \phi$;

μ ——塑料的泊松比, 取 0.46;

E ——塑料的拉伸弹性模量, 取 $1.92 \times 10^3 \text{ MPa}$;

B ——孔的投影面积 (cm^2)。

$$r = \frac{5 + (5 - 14 \tan 1^\circ)}{2} \approx 5 \text{ mm}$$

$$k_1 = 1 + f \sin \phi \cos \phi = 1 + 0.58 \times 0.0175 \times 0.9998 = 1.010$$

$$B = \pi r^2 = 3.14 \times 5^2 = 78.5 \text{ mm}^2 = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = r/t = 2.5$$

得抽拔力为

$$Q' = \frac{2 \times 3.14 \times 5 \times 1.92 \times 10^3 \times 0.015 \times 14 \times (0.58 - \tan 1^\circ)}{(1 + 0.46 + 2.084) \times 1.010} + 10 \times 0.785$$

$$= 2277.27 + 7.85$$

$$= 2285.12 \text{ N}$$

(3) 斜导柱直径和长度计算 (见图 6-87)。斜导柱与开模方向的倾角为 α , 它是决定斜导柱抽芯机构工作效果的重要参数。它的大小对斜导柱的有效工作长度、抽拔距和受力情况等起着决定性的影响。在此模具中, $\alpha = 20^\circ$ 。

斜导柱的直径由它所受的最大弯曲力决定。按斜导柱所受最大弯曲应力小于许用弯曲应力的原则, 可得斜导柱直径为

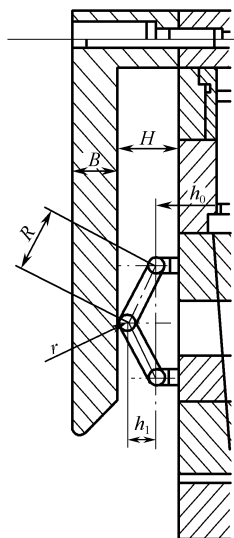


图 6-86 铰链式先复位机构

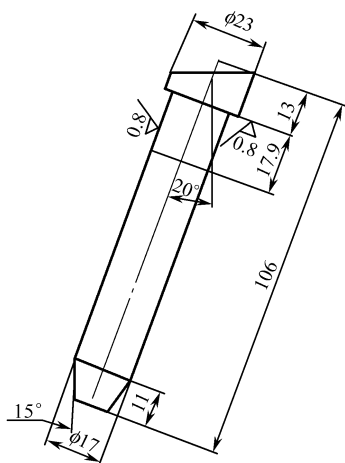


图 6-87 斜导柱

$$d = \left(\frac{10k_f Q' S \cos \beta}{[\sigma]_w \sin \alpha} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{10 \times 1.2256 \times 2285.12 \times 16 \times 1}{300 \times 0.342} \right)^{\frac{1}{3}} \approx 16.35 \text{ mm}$$

式中 $[\sigma]_w$ ——所用材料的许用应力, 因为选用材料为 Cr20, 取 $[\sigma]_w = 300 \text{ MPa}$ 。

故斜导柱直径取 17mm 为宜, 材料选用 Cr20, 淬火硬度达到 HRC 55 以上, 表面粗糙度要求 $Ra 1.6 \mu\text{m}$, 固定端与模板配合为 H7/m6, 与滑块呈松动配合, 为 H11/a11。

斜导柱长度的计算:

斜导柱长度由抽芯距离、斜导柱直径及其倾斜角度的大小确定。

抽芯方向与开模方向垂直时, 其长度计算为

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 \\ &= \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + \frac{S}{\sin \alpha} + (10 \sim 15) \\ &= \frac{23}{2} \tan 20^\circ + \frac{32}{\cos 20^\circ} + \frac{17}{2} \tan 20^\circ + \frac{16}{\sin 20^\circ} + 13 \\ &= 106 \text{ mm} \end{aligned}$$

式中 L ——斜导柱的总长度 (mm);

D ——斜导柱固定部分大端直径 (mm);

h ——斜导柱固定板厚度 (mm);

d ——斜导柱的直径 (mm);

α ——斜导柱的倾斜角度, $\alpha = 20^\circ$ 。

(4) 最小开模行程计算。最小开模行程 H 由下式得出:

$$H = S \cot \alpha = 16 \cot 20^\circ = 44 \text{ mm}$$

2) 滑块的设计

滑块的具体结构形式如图 6-88 所示, 各部分尺寸为: 长度 $L=109 \text{ mm}$, 宽度 $B=76 \text{ mm}$, 高度 $H=58 \text{ mm}$, 滑轨长度 $l=119 \text{ mm}$ 。

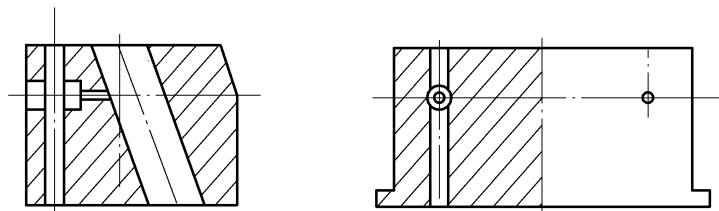


图 6-88 滑块

滑块稳定性校核如下。

导滑槽的长度一般为滑块宽度的 1.5 倍, 即

$$l > 1.5B = 1.5 \times 76 = 114 \text{ mm}$$

滑块在完成抽芯之后, 为防止复位困难, 应该有 2/3 的长度留在导滑槽内, 即

$$S/L=16/109<1/3$$

式中 S ——抽芯距, 为 109mm。

3) 楔紧块的设计

楔紧块的工作部分一般都是斜楔面, 为了保证斜楔面能在合模时压紧滑块, 而在开模时又能迅速脱开滑块, 以避免压紧块影响斜导柱对滑块的驱动, 楔角 α' 都要比斜导柱的倾角 α 大一些, 在此模具中, $\alpha' = \alpha + 2^\circ = 22^\circ$ 。这样做的优点是: 当楔紧块的工作面磨损较大时, 不用更换新的楔紧块, 节省了材料。楔紧块和定模座的配合为过盈配合。

10. 温度调节系统

注射模的温度对于塑料熔体的充模流动、固化定型、生产效率、制品的形状和尺寸精度都有重要影响, 而恰当均匀的模具温度则必须由模内的温度调节系统进行控制。在注射模中设置温度调节系统的目的, 是要通过控制模具温度, 使注射成型具有良好的制品质量和较高的生产效率。

温度调节系统设计包括: 系统所需的热传导面积计算, 温控介质通道的尺寸、介质用量的确定, 以及温控介质流通回路的布排等。

1) 温控介质循环回路的设计原则

冷却水道应尽量多, 截面尺寸应尽量大。

冷却水道应尽量接近模腔表壁且彼此到模腔表壁的距离应尽量相等。

冷却水道的入口处应尽量靠近浇口处部位。

冷却水道的出、入口温差应尽量小。

冷却水道应沿着塑料的收缩率的方向设置。

细长型凸模可采用喷射式水道或间接冷却法。

冷却水道不能穿过镶拼模块的接缝, 否则将会产生漏水。

冷却水道中不要产生死角, 以防冷却回流影响效率。

2) 冷却系统的计算

完成一个制件所需的塑料质量为

$$m = \rho v = 1.14 \times 263.75 / 2 \approx 150.34 \text{ g} \approx 0.15 \text{ kg}$$

设注射时间为 25s, 保压时间为 5s, 冷却时间为 40s, 注射周期 $t = 70\text{s}$ 。由此可知注射机每小时的注射次数为

$$N = 3600 / 70 \approx 51$$

注射机每小时的注射质量为

$$G = Nm = 51 \times 0.15 = 7.65 \text{ kg/h}$$

(1) 求塑料制件在固化时每小时释放的热量 Q 。查表得 PA66 成型时放出的热焓量 $\Delta_f = 7.0 \times 10^5 \text{ J/kg}$, 可得出

$$Q = G\Delta_f = 7.65 \times 7.0 \times 10^5 \approx 5.36 \times 10^6 \text{ J/h}$$

(2) 求冷却水的体积流量 V 。忽略模具因空气对流、热辐射、与注射机接触所散失的热量, 假设塑料在模具内所释放的热量全部由冷却水带走, 则模具冷却时所需冷却水的体积流量可按下式计算:

$$V = \frac{Q}{60C\rho(t_1 - t_2)} = \frac{5.36 \times 10^6}{60 \times 10^3 \times 4187 \times (27 - 20)} = 30 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{min}$$

式中 Q ——塑料制件在固化时每小时释放的热量 (J/h);

C ——冷却水的比热容 ($\text{J/kg} \cdot \text{K}$);

ρ ——冷却水的密度 (kg/m^3);

t_1 ——冷却水的出口温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_2 ——冷却水的入口温度 ($^{\circ}\text{C}$);

V ——冷却水的体积流量 (m^3/min)。

(3) 求冷却水在水孔内的流速 v 。根据体积流量查取冷却水孔的直径 $d=10\text{mm}$, 有

$$v = \frac{4V}{\pi d^2} = \frac{4 \times 30 \times 10^{-4}}{\pi \times \left(\frac{10}{1000}\right)^2 \times 60} = 0.64 \text{m/s}$$

(4) 求冷却水孔壁与冷却水间的热传系数 h 。当水温为 25°C 时水的 $f=6.48$, 则

$$h = \frac{3.6f(\rho v)^{0.8}}{d^{0.2}} = \frac{3.6 \times 6.48 \times (996 \times 0.64)^{0.8}}{0.01^{0.2}} = 1.05 \times 10^4 \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

(5) 求冷却水孔的总传热面积 A 。

$$A = \frac{Q}{3600h(T_w - T_0)} = \frac{5.36 \times 10^6}{3600 \times 1.05 \times 10^4 \times [40 - (20+27)/2]} = 0.08 \text{m}^2$$

式中 T_w ——模具温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_0 ——冷却水的平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);

(6) 求冷却水孔总长度 L 。

$$L = \frac{Q}{3600\pi f(\rho v d)^{0.8}(T_w - T_0)} = \frac{5.36 \times 10^6}{3600 \times 3.14 \times 6.48 \times (996 \times 0.64 \times 0.01)^{0.8} \times (40 - 23.5)} = 0.95 \text{mm}$$

(7) 求模具上开设的冷却水孔数。

$$n = \frac{A}{\pi d l} = \frac{0.08}{3.14 \times 0.01 \times \frac{560}{1000}} = 4.5$$

式中 l ——模具宽度 (mm)。

取四个冷却水孔。

(8) 冷却水流动状态校核。当平均水温为 23.5°C 时, 查得水的运动黏度 $\eta=0.9 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。

$$Re = \frac{vd}{\eta} = \frac{0.64 \times 0.01}{0.9 \times 10^{-6}} \approx 7111 > 6000$$

故冷却水属于稳定状态, 冷却效果好。

(9) 冷却水进出口温差校核。

$$t_1 - t_2 = \frac{Q}{900\pi d^2 C \rho v} = \frac{5.36 \times 10^6}{900 \times 3.14 \times 0.01^2 \times 4187 \times 10^3 \times 0.64} = 7.07 \approx 7$$

由此可以得出, 在此设计的冷却水道是合理的。

11. 模具的报价

塑料模具制造显示了非重复性生产的特点, 具有新产品开发研制的特征。它的制造成本取决于企业内部设备配置、人员结构、管理水平等诸多方面因素。模具的市场价格主要受生产成本、供货周期、市场状况、技术含量、模具寿命等多方面的影响。

现对所设计模具进行大致的价格估算。

由于整个模具结构所用的材料大致上为 45 钢和 T8A, 经过多方面了解, 得出材料市场价格和平均工时费用如下:

45 钢 3 400 元/t

合金钢 11 500 元/t

注: 标准件的价格为所有标准件的平均价格。

1) 45 钢

选用 45 钢的结构有: 定模板、定模固定板、动模固定板、支承板、推杆固定板、推板、支承块、动模板、滑块。

各部分体积为

$$V_{\text{定模板}} \approx 25 \times 400 \times 560 - 35 \times 109 \times 25 \times 4 - 3.14 \times (58/2)^2 \times 25 \\ \approx 5152 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{定模固定板}} \approx 32 \times 560 \times 315 - 174 \times 110 \times 32 \times 2 - 35 \times 109 \times 32 \times 4 - 3.14 \times 24^2 \\ \times 4 \times 32 - 3.14 \times (17/2)^2 \times 4 \times 32 - 109 \times 64 \times 8 \\ \approx 3615 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{动模固定板}} \approx 40 \times 560 \times 315 - 174 \times 110 \times 40 \times 2 - 119 \times 90.5 \times 25 \times 4 - 4 \times 3.14 \times (41/2)^2 \times 40 \\ \approx 4219 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{支承板}} \approx 30 \times 560 \times 315 - 4 \times 30 \times 3.14 \times (39/2)^2 \\ \approx 5148 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{推杆固定板}} \approx 20 \times 199 \times 560 - 3.14 \times (31/2)^2 \times 20 \times 2 - 3.14 \times (21/2)^2 \times 20 \times 4 \\ \approx 2170 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{推板}} \approx 32 \times 199 \times 560 - 3.14 \times (30/2)^2 \times 32 \times 2 \\ \approx 3520 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{支承块}} \approx 80 \times 560 \times 56 \times 2 \\ \approx 5017 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{动模板}} \approx 25 \times 400 \times 560 - 3.14 \times (75/2)^2 \times 25 \\ \approx 5489 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{滑块}} \approx 48 \times 119 \times 76 \\ \approx 434 \text{cm}^3$$

总体积为

$$V_{\text{z1}} = 5152 + 3615 + 4219 + 5148 + 2170 + 3520 + 5017 + 5489 + 434 \\ = 34764 \text{cm}^3$$

$$\text{质量 } M_1 = \rho_1 V_{\text{z1}} = 7.81 \times 34764 \approx 271 \text{kg}$$

所用 45 钢的费用为

$$C_1 = 3400 \times 271 / 1000 = 921.4 \text{ 元}$$

2) T8A

选用 T8A 的结构有: 动模镶块、定模镶块、楔紧块。

各部分体积为

$$V_{\text{动模镶块}} \approx 180 \times 110 \times 40 \times 2 = 1584 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{定模镶块}} \approx 180 \times 110 \times 32 \times 2 \approx 1267 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{楔紧块}} \approx 35 \times 109 \times 67 \times 4 \approx 1022 \text{cm}^3$$

总体积为

$$V_{z2}=1\,584+1\,267+1\,022=3\,873\text{cm}^3$$

质量 $M_2=\rho_2V_{z2}=7.83\times 3\,873\approx 30.326\text{kg}$

所用 T8A 的费用为

$$C_2=1\,500\times 30.326/1\,000\approx 348.75\text{元}$$

3) 标准件的费用

在本模具中共用标准件 46 个, 其中有内六角圆柱头螺钉、B 型圆柱销、导柱、导套、卸料螺钉、弹簧等。

估计所用费用

$$C_3=1\,500\text{元}$$

所以

$$C=C_1+C_2+C_3=921.4+348.75+1\,500=2\,770.15\text{元}$$

4) 此套模具价格

$$C_{\text{价}}=(8\sim 10)C=22\,161.2\sim 27\,701.5\text{元}, \text{定此模具价格为 } 27\,701.5\text{元}。$$

安装座体注射模见图 6-89。

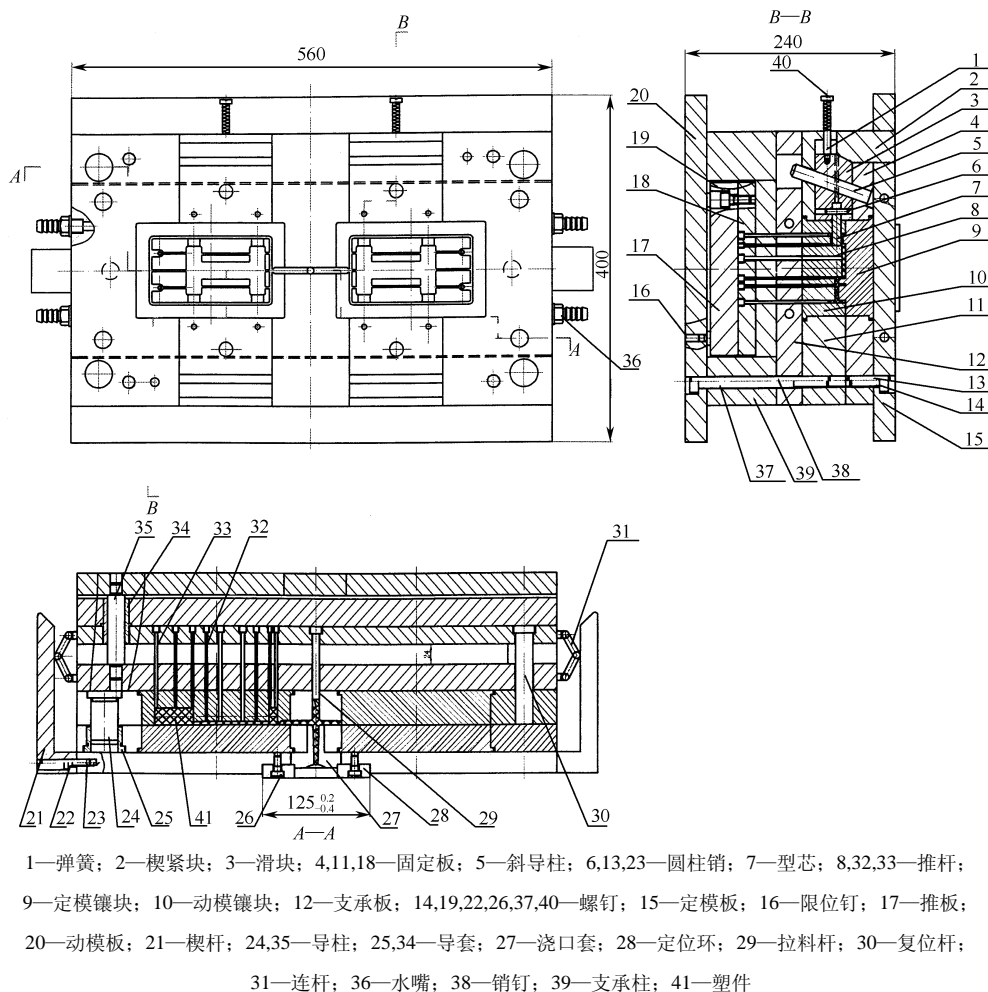


图 6-89 安装座体注射模

式中 L_i ——流路各段长度 (mm);

t_i ——流路各段厚度 (mm);

$$\frac{L_1}{t_1} = \frac{65}{6.5} = 10 \quad \frac{L_2}{t_2} = \frac{50}{5} = 10 \quad \frac{L_3}{t_3} = \frac{1}{1} = 1$$

$$\text{流动比} = \frac{L_1}{t_1} + \frac{L_2}{t_2} + \frac{L_3}{t_3} = 10 + 10 + 1 = 21$$

因为 PA 最大流动距离比在 300~280mm 左右, 所以流动距离合理。

2. 成型型腔工作尺寸计算

1) 型腔的结构形式

型腔是用来成型制品外形轮廓的模具零件, 其结构与制品的形状、尺寸、使用要求、生产批量、模具的加工方法等有关, 常用的结构形式有整体式、嵌入式、镶拼式和瓣合式四种。

2) 型腔工作尺寸的计算

型腔零件如图 6-93 所示, 塑件选择精度等级为 5 级, 模具制造公差按 IT7 级处理, 塑件各个尺寸公差可见图 6-93, 塑件材料收缩率取平均收缩率 $S_{cp} = (1.5\% + 3\%) / 2 = 2.25\%$ 。

外形尺寸计算:

$$D_m = [(1 + S_{cp})D - \frac{3}{4} \times \Delta]$$

$$D_{m1} = [(1 + 2.25\%) \times 34 - \frac{3}{4} \times 0.38] = 34.48 \quad \text{取公差得 } D_{m1} = \phi 34.38^{+0.025}_0$$

$$D_{m2} = [(1 + 2.25\%) \times 0 - \frac{3}{4} \times 0.38] = 30.39 \quad \text{取公差得 } D_{m2} = 30.39^{+0.025}_0$$

$$D_{m3} = [(1 + 2.25\%) \times 40 - \frac{3}{4} \times 0.40] = 40.6 \quad \text{取公差得 } D_{m3} = 40.6^{+0.025}_0$$

$$D_{m4} = [(1 + 2.25\%) \times 50 - \frac{3}{4} \times 0.46] = 50.78 \quad \text{取公差得 } D_{m4} = 50.78^{+0.03}_0$$

$$D_{m5} = [(1 + 2.25\%) \times 70 - \frac{3}{4} \times 0.52] = 71.85 \quad \text{取公差得 } D_{m5} = 71.85^{+0.03}_0$$

高度尺寸计算:

$$H_m = [(1 + S_{cp})H - \frac{3}{4} \times \Delta]$$

$$H_{m1} = [(1 + 2.25\%) \times 17 - \frac{3}{4} \times 0.28] = 17.2 \quad \text{取公差得 } H_{m1} = 17.2^{+0.018}_0$$

$$H_{m2} = [(1 + 2.25\%) \times 15 - \frac{2}{3} \times 0.24] = 15.18 \quad \text{取公差得 } H_{m2} = 15.18^{+0.018}_0$$

$$H_{m3} = [(1 + 2.25\%) \times 25 - \frac{2}{3} \times 0.32] = 25.35 \quad \text{取公差得 } H_{m3} = 25.35^{+0.021}_0$$

$$H_{m4} = [(1 + 2.25\%) \times 20 - \frac{2}{3} \times 0.28] = 20.26 \quad \text{取公差得 } H_{m4} = 20.26^{+0.021}_0$$

3) 型腔刚度和强度的计算

由于注射压力的作用, 型腔有向外胀出的变形产生。当变形量大于塑件在壁厚方向的成型收缩量时, 会造成脱模困难, 严重时还会不能开模。

在注射模的标准件中, 型腔的外形为矩形, 所以当型腔为圆形时, 一般也采用矩形模板, 因此, 型腔强度和刚度计算也以矩形为主。

本设计选用型腔的形式为整体式。

其中取型腔压力 $P = 25 \text{ N/mm}^2$ ，弹性模量 $E = 2.2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，许用应力 $[\sigma] = 300 \text{ N/mm}^2$ ，许用应变量 $[\delta] = 0.04 \text{ mm}$ ，泊松比 $\mu = 0.25$ 。

(1) 刚度条件计算。型腔侧壁厚度按照矩形的型腔计算。

$\phi 34 \text{ mm}$ 处：

$$S_1 = \left(\frac{CP h^4}{\phi E [\delta]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{1.136 \times 25 \times 17^4}{0.06 \times 2.2 \times 10^5 \times 0.04} \right)^{\frac{1}{3}} = 3 \text{ mm}$$

$\phi 50 \text{ mm}$ 处：

$$S_2 = \left(\frac{CP h^4}{\phi E [\delta]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{1.136 \times 25 \times 25^4}{0.06 \times 2.2 \times 10^5 \times 0.04} \right)^{\frac{1}{3}} = 8 \text{ mm}$$

型腔底板厚度 $\phi 34 \text{ mm}$ 处：

$$T_1 = \left(\frac{C' P b^4}{E [\delta]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{0.031 \times 25 \times 17^4}{2.2 \times 10^5 \times 0.04} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.94 \text{ mm}$$

$$\text{其中 } C' = \frac{l^4/h^4}{32(l^4/h^4 + 1)} = \frac{70^4/17^4}{32 \times (70^4/17^4 + 1)} = 0.031$$

型腔底板厚度 $\phi 50 \text{ mm}$ 处：

$$T_2 = \left(\frac{C' P b^4}{E [\delta]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{0.027 \times 25 \times 25^4}{2.2 \times 10^5 \times 0.04} \right)^{\frac{1}{3}} = 3.1 \text{ mm}$$

$$\text{其中 } C' = \frac{l^4/h^4}{32(l^4/h^4 + 1)} = \frac{40^4/25^4}{32 \times (40^4/25^4 + 1)} = 0.027$$

(2) 强度条件计算。

型腔侧壁厚度 $\phi 34 \text{ mm}$ 处：

$$S_1 = \left(\frac{3Ph^2}{[\sigma]} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3 \times 25 \times 17^2}{300} \right)^{\frac{1}{2}} = 4 \text{ mm}$$

型腔侧壁厚度 $\phi 50 \text{ mm}$ 处：

$$S_2 = \left(\frac{3Ph^2}{[\sigma]} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3 \times 25 \times 25^2}{300} \right)^{\frac{1}{2}} = 12.5 \text{ mm}$$

型腔底板厚度：

$$T_1 = \left(\frac{Pb^2}{2[\sigma]} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{25 \times 17^2}{2 \times 300} \right)^{\frac{1}{2}} = 3.4 \text{ mm}$$

$$T_2 = \left(\frac{Pb^2}{2[\sigma]} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{25 \times 25^2}{2 \times 300} \right)^{\frac{1}{2}} = 5.1 \text{ mm}$$

根据以上计算尺寸, 型腔镶块尺寸设计如图 6-93 所示。

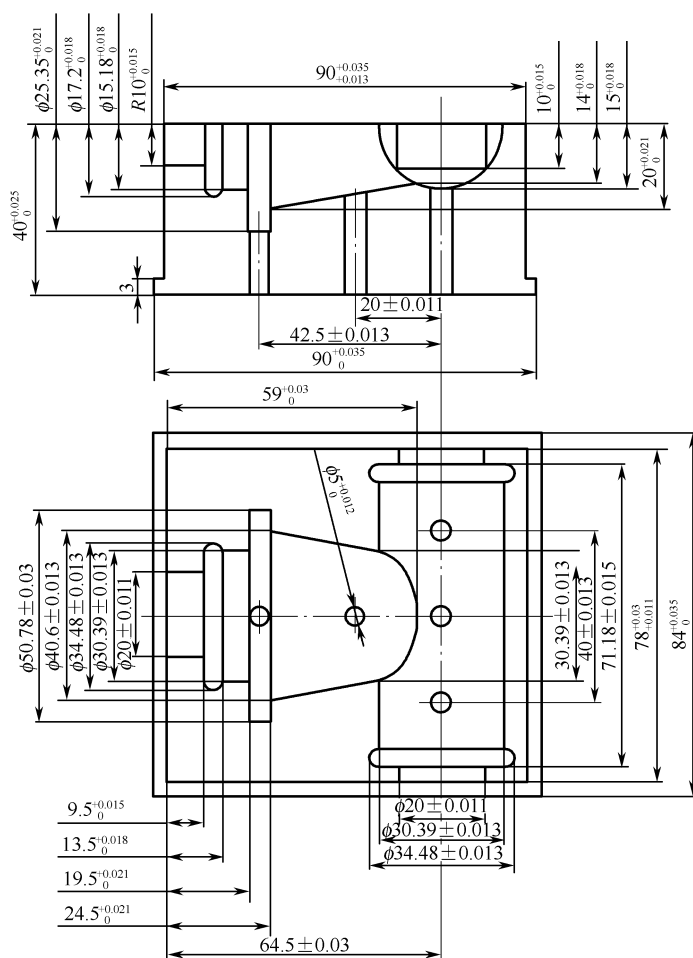


图 6-93 型腔镶块尺寸

3. 侧抽芯尺寸计算

侧抽芯 1 (见图 6-94) 的外形尺寸计算:

$$d_m = [(1 + 2.25\%)d + \frac{3}{4}\Delta]$$

$$d_{m1} = [(1 + 2.25\%) \times 20 + \frac{3}{4} \times 0.28] = 20.66 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d_m = 20.66_{-0.021}^0$$

$$d_{m2} = [(1+2.25\%) \times 55 + \frac{3}{4} \times 0.46] = 56.54 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d_{m2} = 56.54 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$$

$$d_{m3} = [(1+2.25\%) \times 40 + \frac{3}{4} \times 0.38] = 41.15 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d_{m3} = 41.15 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$$

高度尺寸计算:

$$h_m = [(1+2.25\%)h + \frac{2}{3}\Delta]$$

$$h_m = [(1+2.25\%) \times 10 + \frac{2}{3} \times 0.22] = 10.3 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } h_m = 10.3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.018 \end{smallmatrix}$$

根据以上计算结果, 侧抽芯 1 设计如图 6-94 所示。

侧抽芯 2 (见图 6-95) 的外形尺寸计算:

$$d_m = [(1+2.25\%)d + \frac{3}{4}\Delta]$$

$$d'_{m1} = [(1+2.25\%) \times 20 + \frac{3}{4} \times 0.28] = 20.66 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d'_{m1} = 20.66 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.021 \end{smallmatrix}$$

$$d'_{m2} = [(1+2.25\%) \times 35 + \frac{3}{4} \times 0.38] = 36.04 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d'_{m2} = 36.04 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$$

$$d'_{m3} = [(1+2.25\%) \times 25 + \frac{3}{4} \times 0.52] = 25.79 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } d'_{m3} = 25.79 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.021 \end{smallmatrix}$$

高度尺寸计算:

$$h_m = [(1+2.25\%)h + \frac{2}{3}\Delta]$$

$$h'_m = [(1+2.25\%) \times 10 + \frac{2}{3} \times 0.22] = 10.3 \text{ mm} \quad \text{取公差得 } h'_m = 10.3 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.018 \end{smallmatrix}$$

根据以上计算结果, 侧抽芯 2 设计如图 6-95 所示。阀体塑件注射模如图 6-96 所示。

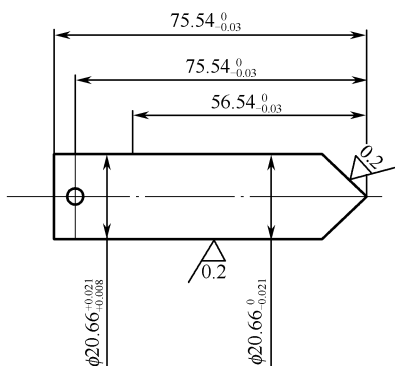


图 6-94 侧抽芯 1

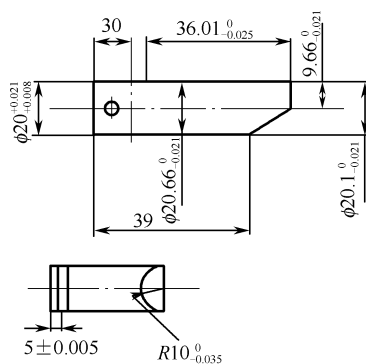
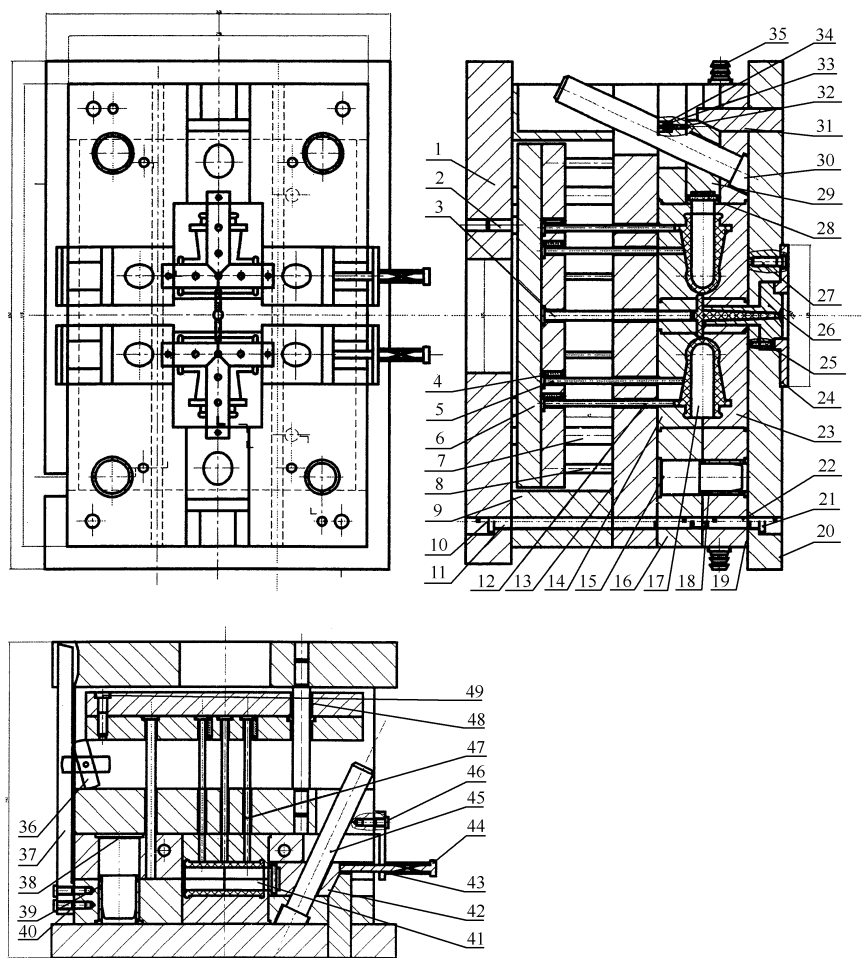


图 6-95 侧抽芯 2



1,20—座板；2,9—垫块；3—拉料杆；4—固定板；5,8,47—推杆；6—垫板；7,15,38—导柱；
10,22,28—圆柱销；11,12,23—定模镶块；13—支承板；14—动模镶块；16—动模板；17,41—型芯；
18,39,48—导套；19—定模板；21,25,27,34,40,44,46,49—螺钉；24—定位环；26—衬套；29,42—滑块；
30,45—斜导柱；31—锁紧楔；32—柱销；33,43—弹簧；35—水嘴；36—杠杆；37—楔杆

图 6-96 阀体塑件注射模

6.1.14 连接块注射模设计

1. 塑件的成型工艺分析

连接块的材料用的是 ABS，生产批量是每年 30 万件，尺寸精度为 IT14 级。该件用于连接和固定其他零部件，要求能起到定位和支承作用，因此对定位精度要求较高；要求有一定的刚度、强度和韧性，在承载时可充分吸收产生的弹性和塑性变形而不断裂；表面无明显的擦伤、气泡、凹痕和云纹等表面缺陷，见图 6-97。

塑件材料的性能：连接块材料是 ABS（苯乙烯—丁二烯—丙烯腈共聚物），其综合性能较好，冲击韧性、力学强度较高，尺寸稳定，耐化学性、电性能良好；易于成型和进行机械加工，与有机玻璃的熔接性良好，可做双色成型塑件，且表面可镀层。

加工性能：无定形料，其品牌号很多，各品种的机电性能及成型特性也各有差异，应按

品种确定成型方法及成型条件。吸湿性强,含水量应小于0.3%,必须充分干燥,要求表面光泽的塑件应长时间预热干燥。流动性中等,溢边料0.04mm左右。模具设计时要注意浇注系统选择进料口位置形式,顶出力过大或进行机械加工,塑件表面呈现“白色”痕迹(但在热水中加热可消失)。

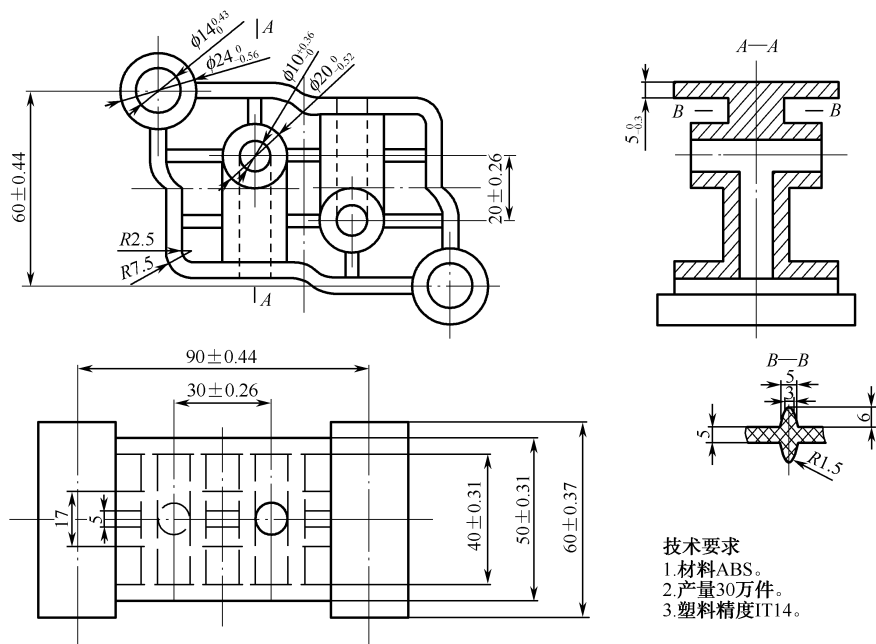


图 6-97 连接块

2. 设计方案的拟订

1) 型腔数目的确定

连接块有两个方向相反对称的侧抽芯机构,因此不宜采用大于1的奇数型腔分布,可以采用的型腔数目有1,2,4,6等,再考虑到现有注射机的型号,超过4腔的难以实现,且模具每加一腔,塑件的尺寸精度下降4%,所以本次设计有如下三种方案:一模一腔、一模二腔、一模四腔。

方案比较:第一种方案是模具中最为简单和容易实现的,但其经济性不如第二种方案,不太符合生产的实际情况。第三种方案制模时需对角分布,但是塑件在侧抽方向上是平行相反的,故在技术上很难实现。综上所述,设计采用一模两腔的模具结构。

2) 注射机的初选

设计型腔的数目确定,依据塑件的总体积和对流道体积的估算,可以初步确定注射机的注射型号。

$$\begin{aligned}
 V_{\text{塑总}} &= V_{\text{塑}} \times 2 \\
 &= 145 \times 2 \\
 &= 290 \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

按浇道体积为塑件40%估算,有

$$\begin{aligned}
 V_{\text{总}} &= V_{\text{塑总}} \times (1 + 40\%) \\
 &= 290 \times 1.4 \\
 &= 406 \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

按注射量选定注射机型号, 可供选择的注射机有: G54-200/400、XS-ZY-500。

初选注射机: XS-ZY-500。

3) 分型面的确定及排气措施的设计

(1) 分型面的设计。分型面的选择不仅关系到塑件的正常成型和脱模, 而且涉及模具的结构和制造成本。在选择分型面时, 应遵守以下原则: 分型面应通过塑件最大投影面积; 动模和定模各自包括一部分时, 开模后塑件应在动模上; 在可能的情况下, 分型面应设在同一平面上; 对同心度要求高的外形或内孔, 应尽可能设在同一半模内, 保证精度; 为保证外观质量, 分型面不要设在光滑面的中间; 分型面的确定应避免在模具中有深腔, 要考虑顶出距离; 对侧向抽芯机构的模具结构, 选择分型面时应避免侧型芯上压力过大, 以免造成模具损坏或尺寸误差; 分型面的选择应尽量使模具结构简单(复杂制件); 分型面应尽可能沿塑料流动方向的末端, 以利于排出型腔和浇道中的气体; 分型面加工的总压力应小于合模力; 分型面的开设应考虑塑料液体在进入型腔后流动顺利; 设计侧抽芯时, 应尽量使抽芯装置在动模上。

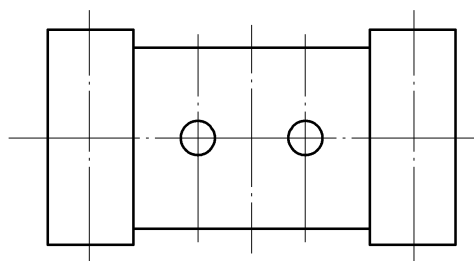


图 6-98 分型面

综上所述, 本次设计塑件从形状和结构上所需的分型面如图 6-98 所示。

该分型面考虑到如下因素: 开在塑件最大投影面上; 分型面在同一平面上; 开于塑件中间, 避免了模具中有深腔; 对塑料的流动有利。

(2) 排气槽的设计。从某种角度而言, 注塑模也是一种置换装置。即在塑料熔体注入模腔的同时, 必须置换出型腔内空气和从物料中挥发的气体。排气系统是注塑模设计的重要组成部分。

排气系统设计: 利用分型面排气, 分型面在气流方向上; 利用顶杆和孔的配合间隙排气。

3. 脱模机构设计

1) 脱模力计算

壳体形塑件脱模阻力通常按薄壁与厚壁两种类型考虑。每种类型塑件再根据断面几何形状进行计算。制件的截面为不规则形可视为:

一个横断面为矩形环: $80\text{mm} \times 50\text{mm}$;

四个横断面为圆环形: 两个内孔直径为 14mm , 两个内孔直径为 10mm ;

两个水平侧抽芯(侧抽计算时用)。

矩形环脱模力计算:

$$Q_1 = \frac{2(a+b)E\varepsilon L(f - \tan \phi)}{(1 + \mu + K_2)K_1}$$

$$= \frac{2 \times (80 + 50) \times 1.95 \times 10^3 \times 0.5 \times 2.5 \times (0.25 - \tan 1^\circ)}{(1 + 0.38 + 2) \times 1.008}$$

$$= 4.325 \times 10^3 \text{ N}$$

圆环形脱模力计算:

内孔直径为 14mm 时, 有

$$Q_2 = \frac{2\pi r E \varepsilon L (f - \tan \phi)}{(1 + \mu + K_2)K_1}$$

$$= \frac{2\pi \times 7 \times 1.95 \times 10^3 \times 0.5 \times 60 \times (0.25 - \tan 1^\circ)}{(1 + 0.38 + 1.125) \times 1.008}$$

$$= 2.36 \times 10^4 \text{ N}$$

内孔直径为 10mm 时, 有

$$Q_3 = \frac{2\pi r E \varepsilon L (f - \tan \phi)}{(1 + \mu + K_2) K_1}$$

$$= \frac{2\pi \times 5 \times 1.95 \times 10^3 \times 0.5 \times 40 \times (0.25 - \tan 1^\circ)}{(1 + 0.38 + 0.667) \times 1.008}$$

$$= 4.13 \times 10^4 \text{ N}$$

所以, 脱模力约为

$$Q_1 + 2Q_2 + 2Q_3 \approx 13.41 \times 10^4 \text{ N}$$

考虑到该模具的型腔有一半在定模内, 开模的时候可以抵消一部分脱模力。

2) 脱模机构的选择

顶出脱模机构的设计原则: 制品应尽量滞留在动模一侧; 保证制品不因顶出而变形损坏; 机构应尽量简单可靠; 顶出零件应有足够的强度、刚度和硬度; 顶出脱模行程应恰当合理。本次设计在其脱模方向上有四个圆环形的结构, 可采用以下两种方案: 推管机构、推杆机构。由于设计有侧抽芯机构, 用推管容易干涉, 而且型芯需要足够长, 对型芯各方面的性能要求较高, 因此, 设计采用在圆环上布置推杆来实现顶出。塑件采用推杆脱模方式, 由于推杆截面多数为圆形, 制造及修配方便, 推出效果好, 因此应用最广泛, 设计要点如下。

推杆应设置在脱模阻力大或塑件刚度较好处, 如壳体侧壁、凸缘和筋部等处; 推杆直径不宜太细, 必须有足够的强度和刚度, 一般推杆直径取 $\phi 2.5 \sim 12 \text{ mm}$, $\phi 3 \text{ mm}$ 以下的推杆下部应加粗, 呈阶梯形; 推杆的端面在装配后应高于型腔或镶件平面 $0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$; 推杆设置时应避免与侧抽芯机构发生干涉, 如无法避开, 应考虑设置先复位机构; 推杆与模体的配合间隙应小于塑料的溢边值, 以免产生飞边, PA 的溢边值为 0.03 mm 。

3) 推杆的安装和布置

为防止塑料熔体的渗漏, 顶杆的所有配合要求常用 H7/f7, 工作段长度不应小于 12 mm ;

顶杆的非工作段与孔均要有 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 的双边间隙, 以减小摩擦。顶杆的工作端面与塑件表面平齐是难以达到的, 允许顶杆侵入塑件表面不超过 0.1 mm , 一般不允许顶杆端面低于塑件成型表面。推杆的具体布置和形式详见装配图。

4. 模温调节系统设计

注塑模不仅是塑料的成型设备, 而且还是热交换器。模温调节系统直接关系到塑件的质量和生产效率。无论对何种塑件进行注射成型, 均有一个比较适宜的模温范围, 在此温度范围内, 塑料熔体的流动性好, 容易充满模腔, 制品脱模后收缩和翘曲变形小, 形状和尺寸稳定, 物理力学性能及表面质量也比较高。如果没有温度调节系统, 模温就很难控制在合理的范围内, 塑料熔体的充模流动和脱模后的制品质量可能发生问题。

考虑到该塑件面积较大, 型腔和模板较厚, 因此在模具上开设了 $d=8 \text{ mm}$ 的水孔, 其位置和结构详见装配图。

5. 模具的安装与定位

定模底板与定模板之间采用螺栓连接, 螺栓规格为 M16, 采用定位销定位, 销 $\phi 16$ 数量为 4 根。动模底板与垫块、动模板、固定板之间的连接用 4 根 M16 的螺栓, 并采用 4 根 $\phi 16$

的圆柱销定位。主流道衬套与定模板之间的过渡配合,为了防止主流道衬套转动用 1 根 $\phi 4$ 的圆柱销止动。动、定模垫板与注射机的安装用压板与注射机固定板压紧固定,这种安装方法比较简单、易行。由于模具的重量比较重,在模具上安装两个吊环,以便搬运。

模具结构确定:综合以上方案论证,绘制模具的结构草图,并在其合适范围内进行修整,直至满意为止。然后根据所确定的尺寸对注射机进行注塑校核,确定理论设计部分是否合理,其结构如图 6-99 所示。

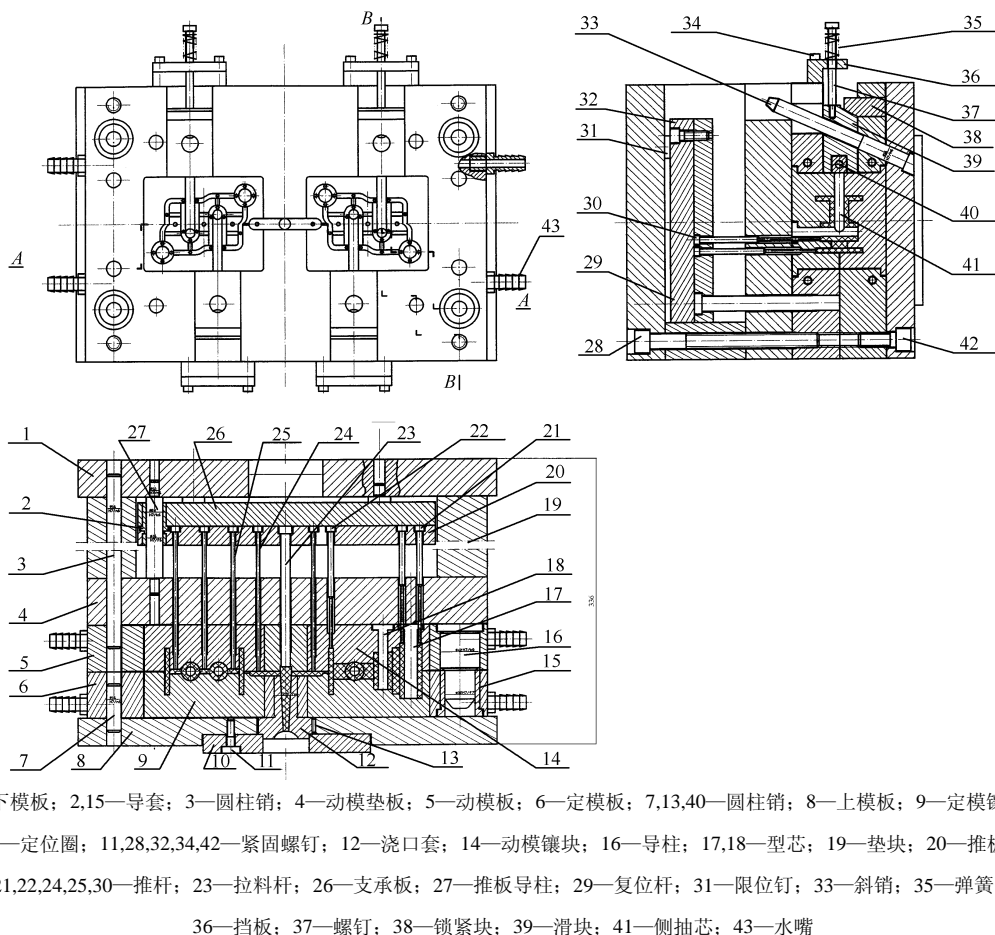


图 6-99 模具结构图

6.1.15 三通塑件注射模设计

1. 制品设计的原则

在保证制品使用要求的前提下,应力求选用价格低廉和成型性能好的塑料;设计时,应尽量考虑如何使它们容易成型,这样才能使模具结构简单;设计出的制品形状应有利于模具分型、排气、补缩和冷却;设计制品时,应注意取向问题,应尽量避免出现明显的各向异性;制品成型前后的辅助工作应尽量少。

2. 制品的尺寸和精度

1) 制品的尺寸

制品的外形尺寸:PA 的流动性很好,根据制件的外形实际情况,外形尺寸不大,可以满

足一般设备和工艺条件；合理地确定塑件的壁厚很重要，塑件的壁厚首先决定塑件的使用要求，塑件的厚度一般在1~6mm范围内，壁厚与流程有密切的关系，塑件的壁厚越大，则允许的最大流程越长。

制品的尺寸收缩率：制品内部无嵌件，其尺寸收缩率要比有嵌件制品来的小一些，制品的形状结构也不很复杂，但局部也容易引起制品出现较大的偏差。

2) 制品的精度

塑件的流动性将影响制件尺寸的设计，在注射成型中，流动性差的塑料和薄壁制件的尺寸不能设计得过大。大而薄的制件当塑料尚未充满型腔前就已经固化，或勉强能充满但前部已不能很好熔合而形成冷接缝，影响外观和强度。

影响模塑精度的因素十分复杂，首先是模具制造的精度，其次是塑料收缩率的波动，同时由于磨损等原因造成模具尺寸不断变化，都会使制件尺寸不稳定。制模时工艺条件的变化、飞边厚度的变化及制模脱模斜度都会影响塑料制件的精度。因此塑料制件精度的确定应该合理，尽可能选用低精度等级。

根据以上的论述，塑料制件采用 IT14 级，注塑模具采用 IT7 级。三通塑件见图 6-100。

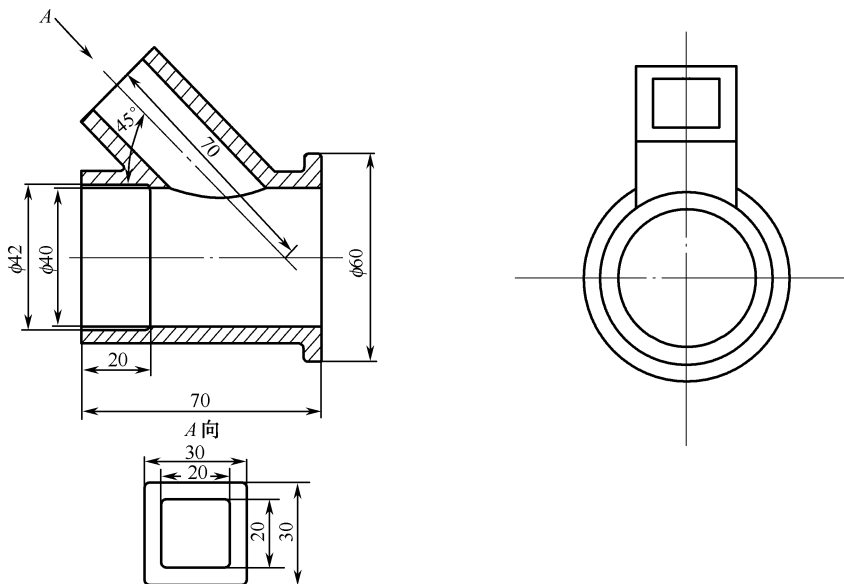


图 6-100 三通塑件

3. 制品的形状结构

脱模斜度：为了便于塑件从模具型腔中取出或从塑件中抽出型芯，须考虑塑件内外形应具有足够的脱模斜度。本制件要求型芯从型腔中顺利脱出，在型芯上要设置一定的脱模斜度，书中推荐 PA 的脱模斜度为 $40'' \sim 1^\circ 30''$ ，制品选用的脱模斜度为 1° 。

圆角：为避免引起应力集中和降低制品的强度，在轮廓过渡和壁厚过渡处，必须用圆角过渡，不能设计成尖角，制品壁厚处过渡圆角为 1mm。

4. 模具分型面方案论证

由于零件要求表面不得有缺陷，所以只能采取一次分型，同时它有如下的优点：

开模后，制品滞留在动模一侧，有利于把顶出装置设置在动模一侧；避免了溢料现象的产生和制品表面出现熔接痕；有利于排气；有利于保证制品的精度。经过以上的分析，三通

塑件的分型面应选择 in 最大投影面上。分型面位置选择请参考装配图。

5. 浇口种类的选择

本制品为三通件，适用于侧浇口、扇形浇口、环形浇口、圆盘浇口、潜伏式直浇口。由于制品的材料为 PA，圆盘浇口不适合 PA 材料，点浇口要用二次分型，如果采用直浇口，在浇口与制品接触处将有一部分比较厚，这部分将产生缩孔与缩松。制品选用侧浇口，其优点是：可根据制品的形状特点灵活地选择浇口位置，而不像其他浇口那样，其位置经常受到限制。

6. 脱模机构的选择

三通塑件适用于顶杆脱模，要设置复位杆，经过计算，侧型芯与推杆会在合模过程中发生干扰，必须使推杆先复位，所以要使用先复位装置。

7. 冷料穴的设计

冷料穴的作用是收集塑料熔体的前端冷料，避免它们流入模腔后在制品上形成冷疤、冷癍等缺陷或降低熔接痕强度。采用 Z 形拉杆同时可起到冷料穴的作用，有利于简化模具结构。

8. 型腔壁厚的强度与刚度计算

塑料熔体在向型腔填充过程中，型腔所承受的压力逐渐增大，当型腔全部被充满的瞬间，型腔内的压力达到最大值。然后随着塑料熔体的冷却，压力逐渐降低，塑料完全固化后型腔内的压力降至接近于常压，这一过程中模具型腔的各承压面（型腔侧壁、底板和支承板）必须具有足够的强度和刚度，以防止模具型腔在高压作用下产生变形或破坏。因此在设计模具时，对其型腔侧壁、底板和支承板必须进行强度和刚度校核。

模具型腔侧壁、底板和支承板的强度和刚度核算是为了控制其变形量，以保证熔融塑料在填充过程中不产生溢料及保证制品能够顺利脱模。其最大变形量应小于或等于制品厚度的收缩量或熔融塑料不产生溢边的最大允许间隙。

塑件采用镶块，为了保证以上条件，要计算镶块的侧壁厚度。镶块材料：Cr12MoV。

为了得到侧壁的厚度，采用计算法，如图 6-101 所示。

对于 h_1 ：

$$\text{用强度计算，有：} h_1 = r \left(\sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - 2P}} - 1 \right)$$

$$\text{用刚度计算，有：} h_1 = r \left(\sqrt{\frac{\frac{E}{rp} - (\mu - 1)}{\frac{E}{rp} - (\mu + 1)}} - 1 \right)$$

对于 h_2 ：

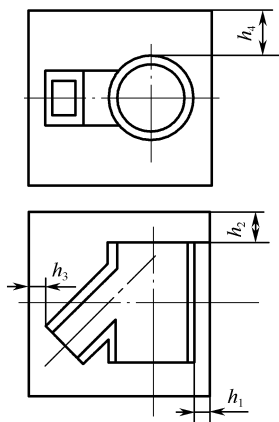


图 6-101 侧壁的厚度

用强度计算, 有: $h_2 = \sqrt{\frac{3pr^2}{4[\sigma]}}$

用刚度计算, 有: $h_2 = \sqrt[3]{0.175 \frac{pr^4}{E\delta}}$

对于 h_3 :

用强度计算, 有: $h_3 = h \sqrt{\frac{\alpha' p}{[\sigma]}}$

用刚度计算, 有: $h_3 = \sqrt{\frac{c' ph^4}{E\delta}}$

式中 r ——凹模型腔内半径或型芯外半径;

P ——型腔压力;

$[\sigma]$ ——材料的许用应力;

δ ——成型材料的许用变形量;

E ——弹性模量;

μ ——泊松比;

h ——型腔深度。

经计算: $h_1 = 8.6355 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$; $h_2 = 15.72 \text{ mm} \approx 18 \text{ mm}$; $h_3 = 8.03 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$ 。

9. 侧向抽芯机构

此塑件的型芯是由矩形和圆形组成的镶拼型芯, 计算分为矩形和圆形两部分。

1) 圆形部分抽芯力的估算

$$F = 100CLF_0(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (\text{N})$$

$$P = 100\mu CLF_0 \cos \alpha$$

式中 F ——抽芯力 (N);

P ——抽芯阻力 (N);

C ——型芯被塑料包紧部分断面的平均周长 (cm);

L ——型芯被塑料包紧部分长度 (cm);

F_0 ——单位面积包紧力 (MPa);

μ ——塑料对钢的摩擦系数;

α ——脱模斜度 ($^\circ$)。

计算结果:

$$F = 100 \times 3.5 \times 13.8 \times 10 \times (0.2 \times \cos 1^\circ - \sin 1^\circ) = 8\,815.6 \text{ N}$$

$$P = 100 \times 3.5 \times 13.8 \times 10 \times 0.2 \times \cos 1^\circ = 9.66 \text{ kN}$$

2) 斜销直径校核

由图 6-102 可以得到:

$$P_1 = \frac{P}{\cos \beta} \quad (\text{kN})$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{PH}{0.1[\delta]_{\text{弯}} \cos \alpha}} \quad (\text{cm})$$

式中 P ——斜销所受的最大弯曲力；

H ——抽芯孔中心到 A 点的距离；

α ——斜销倾斜角；

$[\delta]_{\text{弯}}$ ——弯曲许用应力，对碳钢可取 13.7kN/cm^3 。

由公式可计算斜销的直径为

$$d = 2.9\text{cm}$$

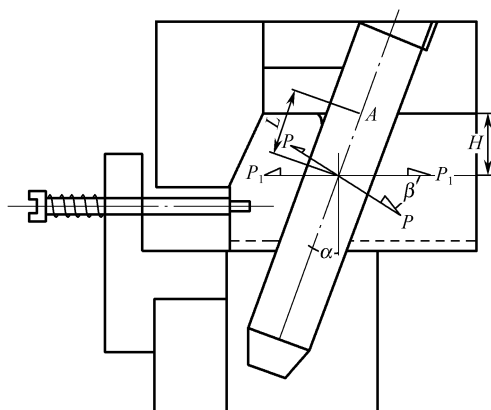


图 6-102 斜销直径

3) 抽芯距的计算

$$S = h + K$$

式中 S ——抽芯距 (mm)；

h ——1/2 线抽芯最大外形尺寸 (mm)；

K ——抽芯安全系数 (mm)。

由以上公式可计算抽芯距为

$$S = 50 + 3 = 53\text{mm}$$

4) 斜销长度尺寸计算

$$L = \frac{1}{2}(D - d) \tan \beta + \frac{H}{\cos \beta} + d \tan \beta + \frac{S}{\sin \beta} + (10 \sim 15)\text{mm}$$

式中 L ——斜销的总长度；

H ——斜销固定板厚度；

S ——抽芯距 (mm)；

β ——斜销弯曲力倾角；

D ——斜销固定段直径；

d ——斜销工作段直径；

由以上公式计算得

$$L = 156.341\text{mm}$$

5) 矩形抽芯机构

(1) 抽芯力的估算。

$$F=100CLF_0(\mu\cos\alpha-\sin\alpha)\text{ (N)}$$

$$P=100\mu CLF_0\cos\alpha$$

式中 F ——抽芯力 (N);

P ——抽芯阻力 (N);

C ——型芯被塑料包紧部分断面的平均周长 (cm);

L ——型芯被塑料包紧部分长度 (cm);

F_0 ——单位面积包紧力(MPa) ;

μ ——塑料对钢的摩擦系数;

α ——脱模斜度 ($^\circ$)。

计算结果:

$$F=100\times 8\times 3.5\times 10\times (0.2\cos 1^\circ -\sin 1^\circ)\approx 5\,122.88\text{N}$$

$$P=100\times 8\times 3.5\times 10\times 0.2=5\,600\text{N}$$

(2) 斜销直径校核。由图 6-103 可以得到:

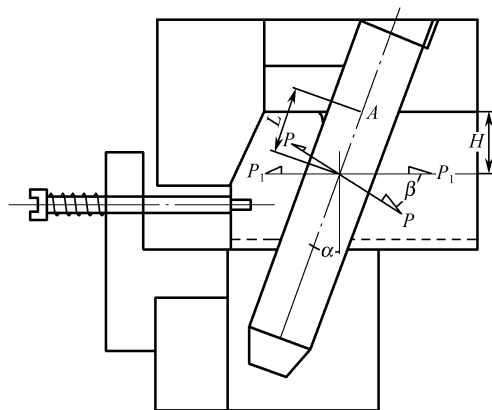


图 6-103 斜销直径

$$P_1=\frac{P}{\cos\beta}\text{ (kN)}$$

$$d=\sqrt[3]{\frac{PH}{0.1[\delta]_{\text{弯}}\cos\alpha}}\text{ (cm)}$$

式中 P ——斜销所受的最大弯曲力;

H ——抽芯孔中心到 A 点的距离;

α ——斜销倾斜角;

$[\delta]_{\text{弯}}$ ——弯曲许用应力, 对碳钢可取 13.7kN/cm^3 。

由公式可计算斜销的直径为

$$d=2.3\text{cm}$$

(3) 抽芯距的计算。

$$S=h+K$$

式中 S ——抽芯距 (mm);

h ——1/2 线抽芯最大外形尺寸 (mm);

K ——抽芯安全系数 (mm)。

由以上公式可计算抽芯距为

$$S=30+3=33\text{mm}$$

(4) 斜销长度尺寸计算。

$$L=\frac{1}{2}(D-d)\tan\beta+\frac{H}{\cos\beta}+d\tan\beta+\frac{S}{\sin\beta}+(10\sim15)\text{mm}$$

式中 L ——斜销的总长度;

H ——斜销固定板厚度;

S ——抽芯距 (mm);

β ——斜销弯曲力倾角;

D ——斜销固定段直径;

d ——斜销工作段直径。

由以上公式计算得

$$L=192.82\text{mm}$$

6) 斜销抽芯机构设计要点和注意事项

斜销抽芯机构如图 6-104 所示。滑块完成抽芯后, 留于滑块导轨内的配合长度为 L_1 , 必须满足 $L_1 > \frac{2}{3}L$, 同时滑块应设置可靠的限位装置。

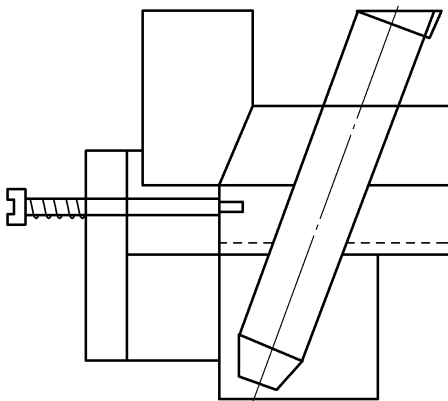
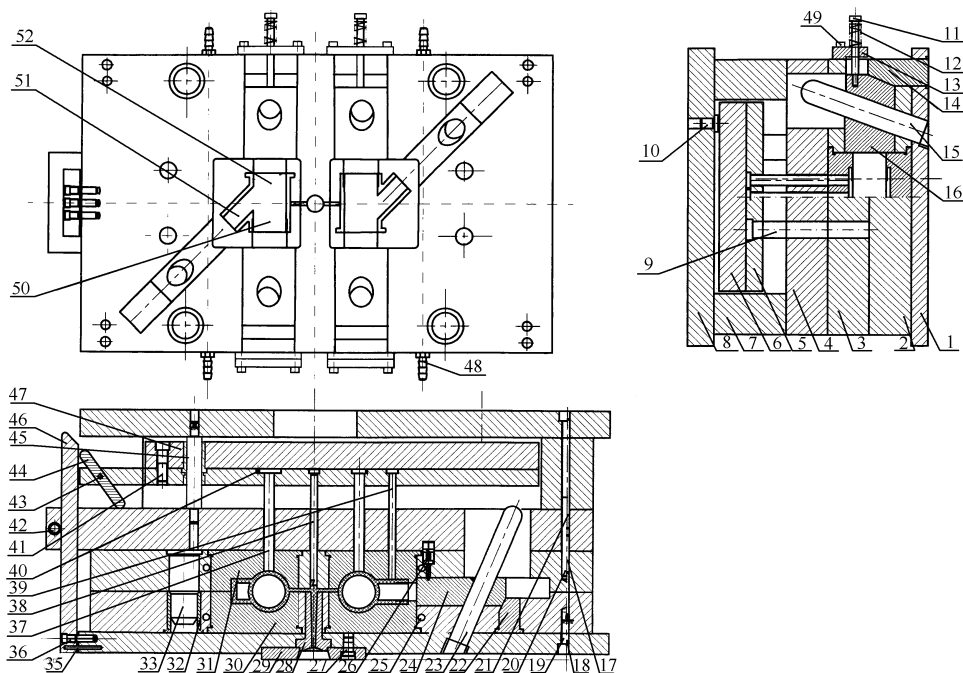


图 6-104 斜销抽芯机构

当滑块或侧型芯沿模具轴线的投影与推杆端面重合时, 会发生干涉碰撞。经计算不能避免时, 一定要设置先复位机构。经过计算, 塑件发生干涉碰撞, 所以要设置先复位机构。塑件采用杠杆式先复位机构, 见装配图 6-105。



1—定模座板；2—定模板；3—动模板；4,5—固定板；6—底板；7—垫块；8—动模座板；9—复位杆；10—调整块；
11,19,20,27,36,41,49—螺钉；12—弹簧；13—限位块；14,22—锁紧楔；15,23—斜导柱；16,24—滑块；
17,18,21,26,35,40—圆柱销；25—水道；28—衬套；29—定位环；30—定模镶块；31—动模镶块；32,47—导套；
33,45—导柱；37,39—推杆；38—拉料杆；42—滚轮；43—轴；44—杠杆；46—楔杆；48—水嘴；50,51,52—型芯

图 6-105 装配图

6.1.16 安装头塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

制件的形状如图 6-106 所示，现对其进行如下分析。

1) 尺寸和精度

该制件的壁厚 $t=4\text{mm}$ ，制件对尺寸的要求为一般精度，该制件的外形尺寸公差选用 IT8 级，配合尺寸公差选用 IT14 级。

2) 表面粗糙度

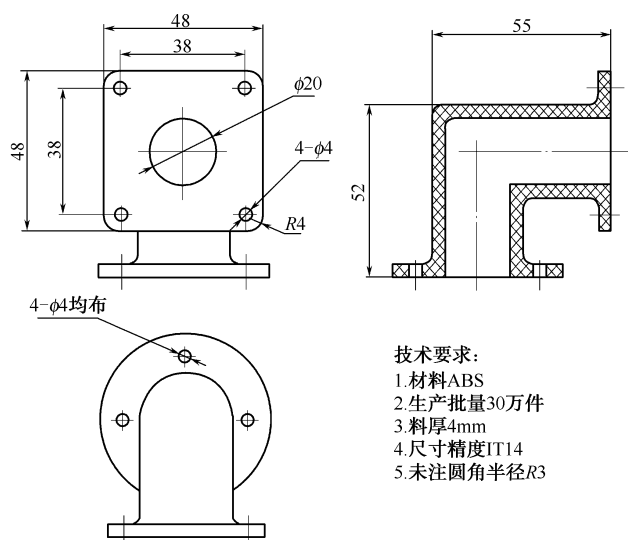
塑料制品的表面粗糙度，除了在成型时从工艺上尽可能避免冷疤、云纹等疵点外，主要是由模具粗糙度决定的。一般模具表面粗糙度要比塑料制品高一级。

3) 脱模斜度

在塑件的内表面和外表面，沿脱模方向均应设计足够的脱模斜度，否则会发生脱模困难，或顶出时拉坏擦伤塑件。该制件的材料为 ABS，根据制件要求脱模斜度为 1° 。

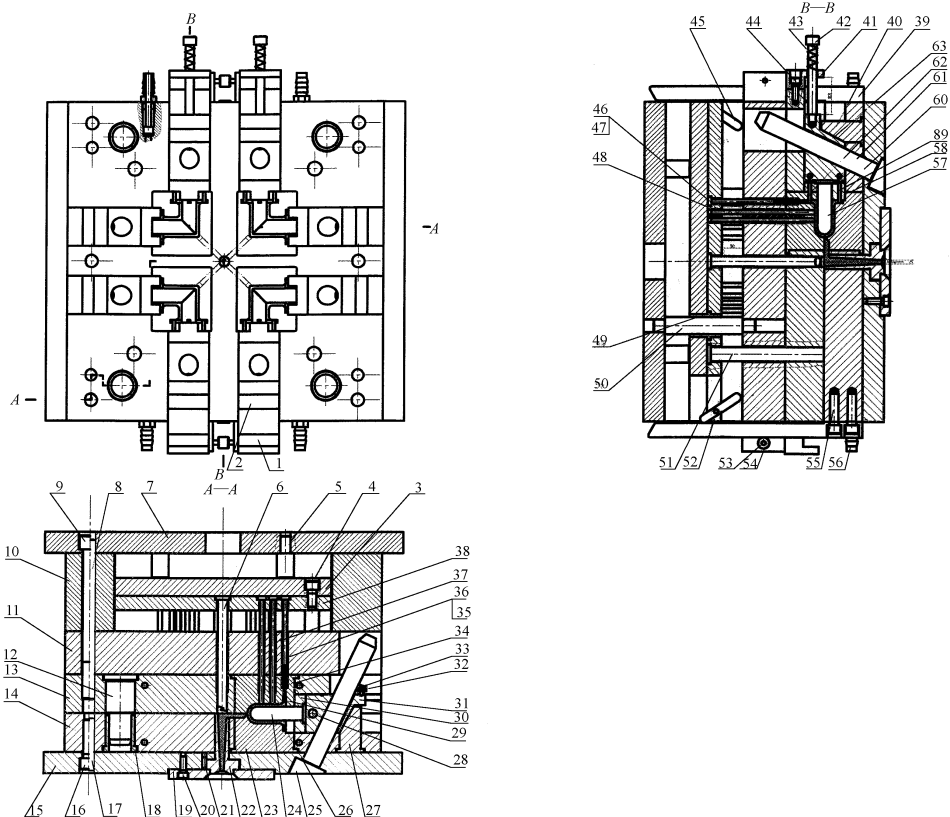
2. 安装头塑件注射模设计

模具采用斜导柱侧抽芯机构和先复位机构，一模四腔，推杆推出塑件，模具结构见图 6-107。模具工作过程为：模具在注射机开模机构作用下打开，动、定模在安装头中部平面分型，斜滑块完成侧抽芯。在拉料杆作用下，浇口凝料及塑件由定模内被拉出，注射机顶出机构施加给推板顶出力，带动顶杆推出塑件。塑件在卧式注射机上靠自重脱落。



- 技术要求:
1. 材料ABS
 2. 生产批量30万件
 3. 料厚4mm
 4. 尺寸精度IT14
 5. 未注圆角半径R3

图 6-106 安装头塑件



- 1,40—锁紧楔; 2,26,29,31—滑块; 3,11,38—固定板; 4,9,16,20,33,42,44,55,59—螺钉; 5,12,50—导柱; 6—拉料杆; 7—底板;
 8,17,21,28,61—圆柱销; 10—垫块; 13—动模板; 14—定模板; 15—定模座板; 18,49—导套; 19—定位环;
 22,36,47—衬套; 23—定模镶块; 24,62—型芯; 25,60—斜导柱; 27,32,41,54,63—限位块; 30,34—动模镶块;
 35,37,46,48—推杆; 39—楔杆; 43—弹簧; 45—杠杆; 51—复位杆; 52—轴; 53—滚轮; 56—水道; 57,58—定模镶块

图 6-107 安装头塑件注射模装配图

6.1.17 手柄塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

如图 6-108 所示, 塑件的材料为 ABS, 用途为手柄提钮, 厚度 3mm, 未注圆角为 1mm, 塑件外形较复杂, 要求有一定的强度, 以免受力损坏或变形。制件的外观要求粗糙度取 $Ra\ 6.3\mu\text{m}$ 。

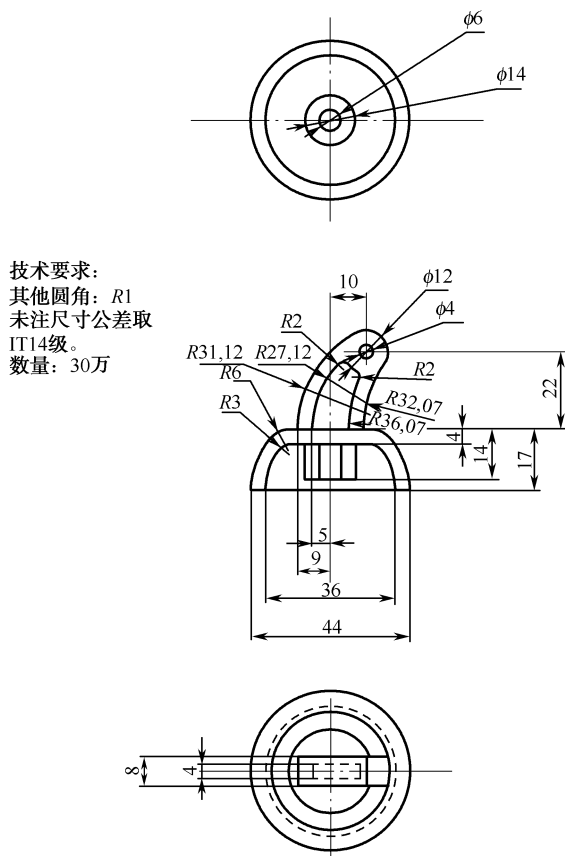
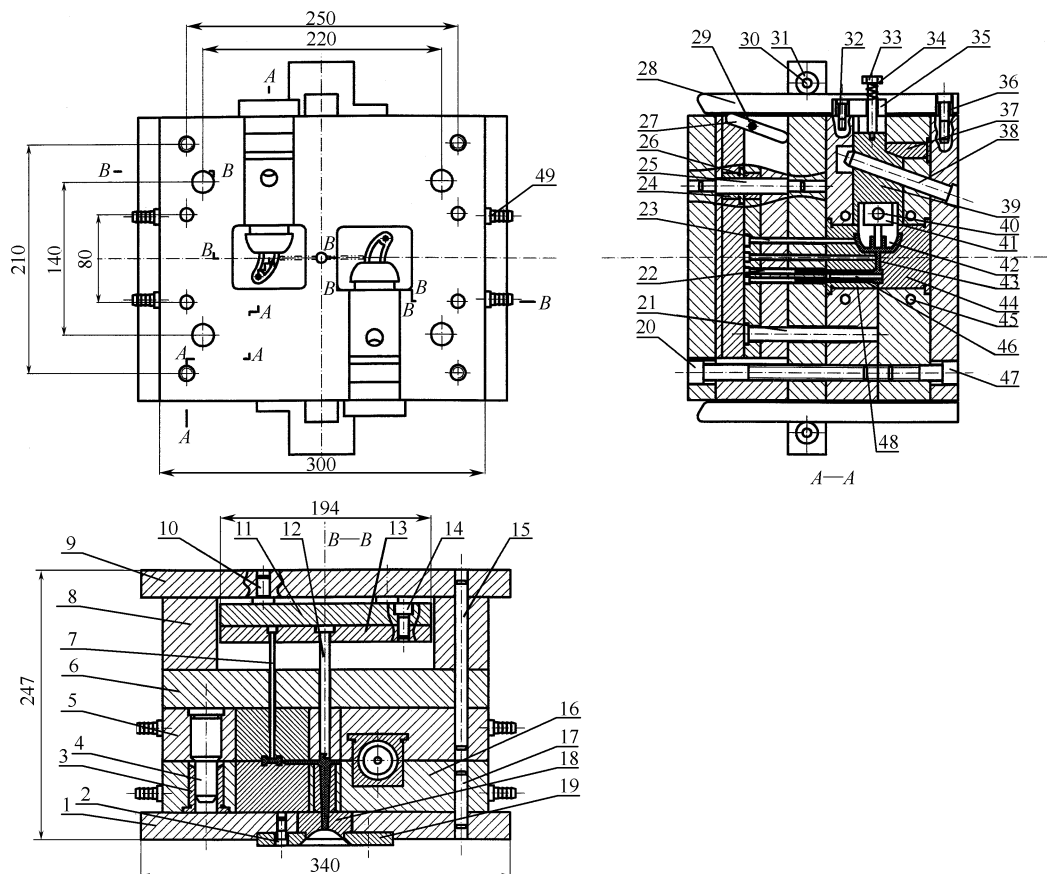


图 6-108 手柄塑件

2. 手柄塑件注射模设计

模具采用斜导柱侧抽芯机构和先复位机构, 一模两腔, 推杆推出塑件, 模具结构见图 6-109。模具工作过程为: 模具在注射机开模机构作用下打开, 动、定模在手柄垂直中部平面分型, 斜滑块完成侧抽芯。在拉料杆作用下, 浇口凝料及塑件由定模内被拉出, 注射机顶出机构施加给推板顶出力, 带动顶杆推出塑件。塑件在卧式注射机上靠自重脱落。



1—定模座板；2,9,14,20,32,33,36,47—螺钉；3,24,26—导套；4,25—导柱；5—动模板；6—支承板；7,22,23—推杆；
8,15,17,40—圆柱销；10—垫块；11—底板；12—拉料杆；13—固定板；16—定模板；18—衬套；19—定位环；
21—复位杆；27—杠杆；28—楔杆；29,30—轴；31—滚子；34—弹簧；35—限位块；37—锁紧楔；
38—斜导柱；39—滑块；41,42,46—型芯；43—塑件；44—定模镶块；45—水道；48—动模镶块；49—水嘴

图 6-109 手柄塑件注射模装配图

6.1.18 直通塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

如图 6-110 所示,直通塑件的材料为 PA6,用途为管道接头,厚度 4mm,未注圆角为 0.5mm,要求有一定的强度,以免受力损坏或变形。制件 30 万件,外观要求粗糙度取 $Ra\ 6.3\mu m$ 。

2. 直通塑件注射模设计

模具结构见图 6-111,技术要求:浇口与排气部位尺寸允许试模时进行调整。滑块、导向等滑配合运动应平稳,不出现卡紧现象;开、合模应准确可靠定位;合模后滑块斜面与楔紧块斜面应压紧。优先复位机构要求运动协调,不干涉,分别能满足顶杆优先复位和动、定模最后分型。动、定模镶块要求紧密无缝,镶块平面与模板齐平。

模具采用斜导柱侧抽芯机构和先复位机构,一模两腔,推杆推出塑件,模具工作过程为:模具在注射机开模机构作用下打开,动、定模在直通塑件中部平面分型,斜滑块完成侧抽芯。在拉料杆作用下,浇口凝料及塑件由定模内被拉出,注射机顶出机构施加给推板顶出力,带动顶杆推出塑件。塑件在卧式注射机上靠自重脱落。

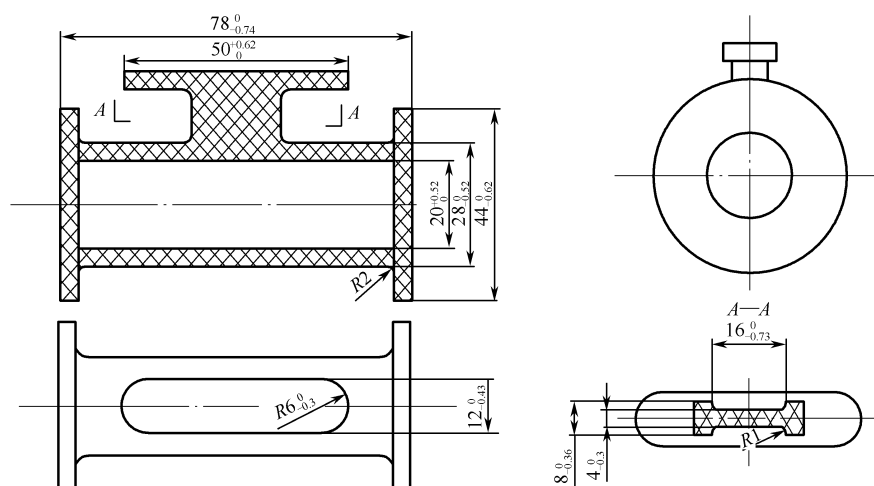
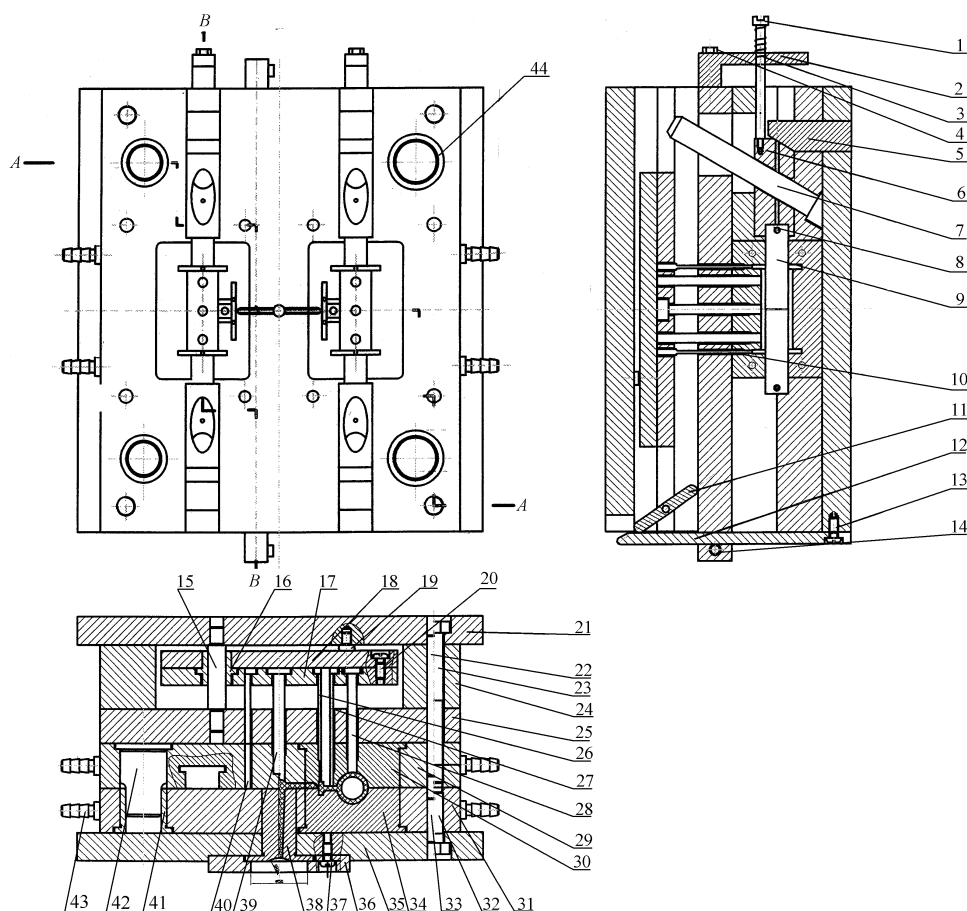


图 6-110 直通塑件



- 1,4,13,20,23,32,37—螺钉；2,18,25—支承板；3—弹簧；5—锁紧楔；6—滑块；7—斜导柱；8,22,33—圆柱销；9—型芯；
10,28—推杆；11—杠杆；12—楔杆；14—滚子；15,42,44—导柱；16—导套；17—固定板；19—限位钉；
21—底板；24—垫块；26,27,28—推杆；29—动模板；30—动模镶块；31—定模板；34—定模镶块；35—定模座板；
36—定位环；38—衬套；39—拉料杆；40—复位杆；41—导套；43—水嘴

图 6-111 直通塑件注射模装配图

6.1.19 尾翼塑件注射模设计

1. 塑件工艺性分析

图 6-112 所示塑件为一玩具的尾翼，材料为高密度聚乙烯。该塑件是烟花的主要骨架零件，模仿箭羽的形状，3 片羽翼沿中心圆管以 120° 夹角均匀分布，羽翼的 3 个顶点位于垂直中心圆管轴线的同一平面上。考虑到塑料的流动性较好，中心管孔壁厚取 0.9mm ，既减轻了塑件重量，又满足了塑料的充填要求。而羽翼是支撑受力部位，其壁厚则取 1.5mm 。中心圆管尺寸两头大，中间小，必须采用侧向抽芯才能脱模，但是呈中心对称分布的 3 片羽翼无疑会给侧向抽芯带来较大的困难，如何保证 3 片羽翼的成型和脱模，以及中心圆管的抽芯动作协调、顺利、可靠，是模具设计重点考虑的问题。在实际设计时采用了一模两腔，并将两个塑件的斜滑块数量整合为 4 件，其结构如图 6-113 所示。两个塑件对称布置，外侧各有一小斜滑块，用于成型两片羽翼中间部分，内侧为两件大斜滑块，用于成型外形其他部分，斜滑块间分型面由各羽翼中间分界面连接形成。斜滑块采用燕尾形式滑动导向，燕尾槽开在斜滑块上，结构紧凑，加工方便，操作可靠。图 6-114 所示为斜滑块组件三维示意图。

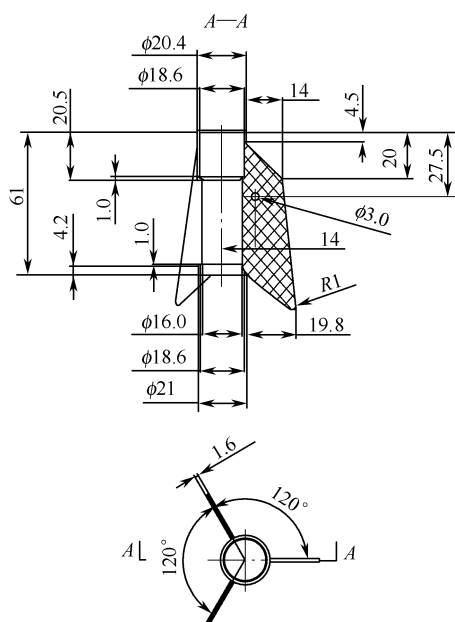


图 6-112 尾翼塑件

图 6-112 所示塑件为一玩具的尾翼，材料为高密度聚乙烯。该塑件是烟花的主要骨架零件，模仿箭羽的形状，3 片羽翼沿中心圆管以 120° 夹角均匀分布，羽翼的 3 个顶点位于垂直中心圆管轴线的同一平面上。考虑到塑料的流动性较好，中心管孔壁厚取 0.9mm ，既减轻了塑件重量，又满足了塑料的充填要求。而羽翼是支撑受力部位，其壁厚则取 1.5mm 。中心圆管尺寸两头大，中间小，必须采用侧向抽芯才能脱模，但是呈中心对称分布的 3 片羽翼无疑会给侧向抽芯带来较大的困难，如何保证 3 片羽翼的成型和脱模，以及中心圆管的抽芯动作协调、顺利、可靠，是模具设计重点考虑的问题。在实际设计时采用了一模两腔，并将两个塑件的斜滑块数量整合为 4 件，其结构如图 6-113 所示。两个塑件对称布置，外侧各有一小斜滑块，用于成型两片羽翼中间部分，内侧为两件大斜滑块，用于成型外形其他部分，斜滑块间分型面由各羽翼中间分界面连接形成。斜滑块采用燕尾形式滑动导向，燕尾槽开在斜滑块上，结构紧凑，加工方便，操作可靠。图 6-114 所示为斜滑块组件三维示意图。

模具结构如图 6-115 所示，锥孔模套 4 即动模板，中间的矩形锥孔与斜滑块组件 3 配合，在锥孔的 4 个斜面中心分别设置燕尾镶块 24，在斜滑块燕尾槽内设耐磨镶板 23，采用耐磨合金钢 (SKD11) 淬硬至 HRC58~62，用螺钉、销钉固定，

这种结构使加工大为简化，而且便于调整和维修。

2. 尾翼塑件注射模设计

1) 动、定模型芯结构设计

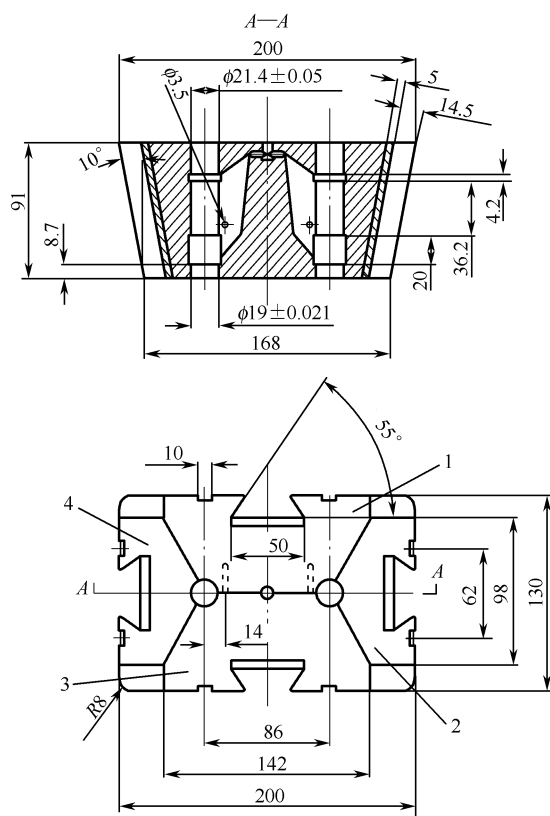
尾翼塑件的中心管孔呈台阶形，而且深度较大，壁厚较薄，因此必须从模具结构上保证管孔的同轴度和管壁厚度的均匀度。如图 6-115 所示，动模型芯 13 与定模型芯 14 之间端部以锥面相接，可以使得两型芯即使在注射过程中受到高速高压塑料熔体的冲击，也不会产生变形、位移和错缝，从而达到预期的要求。

动模型芯与定模型芯长度应合理确定，在斜滑块推出塑件时，动模型芯具有导向作用，可避免塑件偏留于一侧滑块内，因此须保证足够长度，但如果过长，又会导致顶出行程及顶出脱模力增大，造成脱模时间延长，塑件顶出变形等。

2) 模具工作过程

模具随注塑机合模，经注射、保压后，通过水使塑件冷却定型，之后再进行开模脱出塑件。开模时，动、定模从分型面 I 分开，塑件在斜滑块组件 3 及动模型芯 13 作用下，与定模型芯 14 脱离，弹簧 21 的作用是防止斜滑块被带往定模，当分型面打开距离大于塑件高度及浇注系统凝料高度之和时，停止开模动作。此后注塑机推杆推动推板 8，带动推杆 12，将斜

滑块组件3顶出锥孔模套4,通过斜滑块上的燕尾槽与锥孔模上燕尾镶块24的作用,斜滑块在被顶出的同时,完成侧向抽芯动作。此过程中塑件被强行从动模型芯中脱出。



1—前滑块; 2—右滑块; 3—后滑块; 4—左滑块

图 6-113 斜滑块

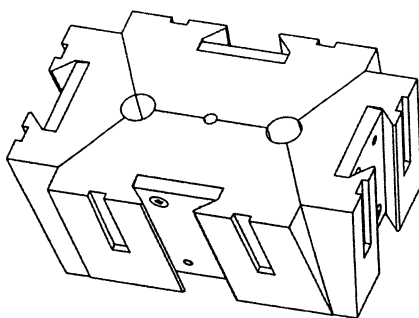
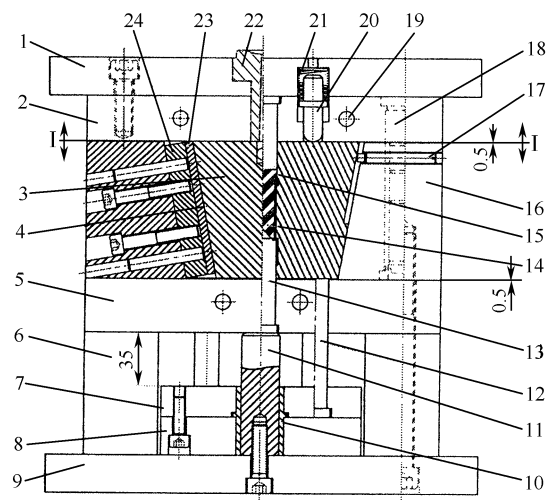


图 6-114 斜滑块组件三维示意图



1—定模座板；2—定模板；3—斜滑块组件；4—锥孔模套；5—支承板；6—垫块；
7—推杆固定板；8,11—推板；9—动模座板；10—推板导套；12—推杆；
13—动模型芯；14—定模型芯；15—塑件；16—导套；17—滑块限位钉；18—导柱；
19—冷却水嘴；20—止动柱；21—弹簧；22—浇口套；23—耐磨镶板；24—燕尾镶块

图 6-115 尾翼塑件注射模装配图

6.1.20 法兰弯头注射模设计

1. 零件成型工艺分析

1) 零件材料性能分析

零件名称为带法兰弯头，如图 6-116 所示。材料：ABS；批量：30 万件；技术要求：表面无划痕、凸凹等缺陷；尺寸公差 IT14 级；未注内圆角半径 $R=1\text{mm}$ ；成型条件：见表 6-5。

表 6-5 成型条件

项 目		ABS
注射机类型		螺杆式
喷嘴	形式	直通式
	温度 (°C)	170~180
机筒温度	前段 (°C)	180~200
	中段 (°C)	165~180
	后段 (°C)	150~170
模具温度 (°C)		50~80
注射压力 (MPa)		60~100
保压力 (MPa)		40~50
高压时间 (s)		0~5
注射时间 (s)		20~90
冷却时间 (s)		20~120
总周期 (s)		50~220

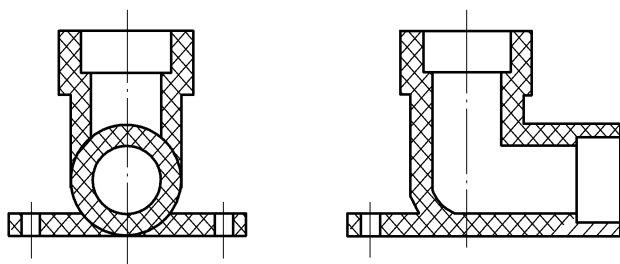


图 6-116 塑件

2) 零件成型工艺分析

(1) 零件设计原则。由于塑料的物理性能、化学性能与其他材料不同，因此注塑制品的设计也有独特的一面，一般来说，塑件结构设计的基本原则如下：形状力求简单，造型优美；据使用目的选择材料；考虑注塑时的工艺特点；考虑模具的工艺性；应有利于简化模具结构和零件。

(2) 壁厚。壁厚对塑件的质量影响很大，应当重视壁厚设计。根据零件用途，壁厚设计为 5mm，这样能满足制件的正常结构和使用要求。

(3) 脱模斜度。所谓脱模斜度，是指与脱模方向平行的塑件表面上应具有倾斜角度值，以度数表示。设脱模斜度目的：容易脱模，保证塑件表面质量。脱模斜度设计原则：精度高的塑件，脱模斜度应取小值，才能得到精度高的塑件；尺寸越大的塑件，由于脱模较容易，脱模斜度可取小值。塑件要求一般精度，脱模斜度可取大，ABS 推荐的脱模斜度为 $40' \sim 1.5^\circ$ ，塑件取 1° 。

(4) 圆角。一个塑件上有许多相交面，在相交之处一般都用圆角过渡。圆角设计要点：在加强筋或凸台与塑件主体的相交处应设计圆角，圆角半径一般为 $0.2 \sim 0.8\text{mm}$ 。在模具的分型面、型腔与型芯配合之处，不宜采用圆角，因采用圆角过渡容易溢料，塑件产生毛刺，甚至卡住型芯，妨碍塑件脱模。当一个塑件的某处有内、外拐角时，应同时采用内、外圆角，若只采用一个圆角，此处的壁厚便会增加，比附近的塑件壁厚要厚得多，这样容易使此处出现应力集中、凹陷等不足。塑件的内圆角半径与其壁厚有一定的要求，理想的圆角半径 R 应大于壁厚的 $1/4$ ，这样才能得到圆角的效果，如图 6-117 所示。

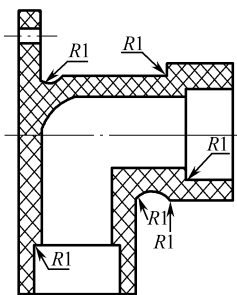


图 6-117 圆角半径

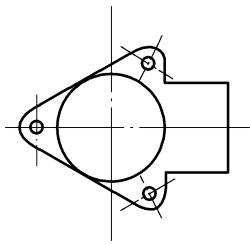


图 6-118 孔的设计

(5) 孔。由于塑件性能的需要，在塑件上必须设计各种孔，但应尽量不削弱塑件的强度，并尽量不增加模具结构的复杂性。孔的形状有圆形、方形、长方形、椭圆形等；孔的结构有通孔、盲孔、复杂孔等。

孔的设计要点：塑件上的孔尽量设置在强度较大的地方，各种孔的位置要方便模具制造。在开孔位置周边的壁厚要适当加大，以避免塑件收缩时应力所造成的不良影响。根据以上要点及 ABS 塑料的孔推荐值，塑件的孔如图 6-118 所示。

2. 设计方案的确立

1) 确定型腔数量及排列方式

为了使产品的合格率高，设计注射模具时，一般要提出几种可行的设计方案，然后对各种方案的优点和缺点，最后选择一种最佳方案。考虑本产品的生产批量（大批量生产），要节约生产成本，因此设计的模具为一模两腔。在型腔数目确定后，应该对型腔布局加以研究，一般可以从以下几个方面进行考虑。

(1) 各型腔到主流道的位置要求：从主流道到各型腔的距离要设计得尽量短，这样可以减少凝料量。从熔料进入各型腔时的温度趋于一致，使得塑件内应力相近，变形相近。在允许的情况下，使各型腔间距离尽可能大些，以便设置顶杆、冷却水道等。型腔在注射时所承受的反作用力的合力，应作用于模板中心，以便与机筒中心相对应。

(2) 模具中各型腔的排列方式：环形排列、串形排列、对称排列。

(3) 注射时所承受的作用力与反作用力的合力，应作用于模板中心，以便与机筒中心相对应。应使所有注射力、锁模力均作用于主流道中心，使模具稳定可靠地工作。若是各型腔合力作用点中心与主流道不同轴，则模具及锁模系统的载荷发生偏载，合模时各边受力不同，致使受力小的一侧密合不严，成型时易产生飞边溢料。在复杂模具设计中，必须首先确定模具重心，并由此确定各型腔的位置。

考虑到模具成型零件和抽芯结构及出模方式的设计，模具的型腔排列方式如图 6-119 所示。

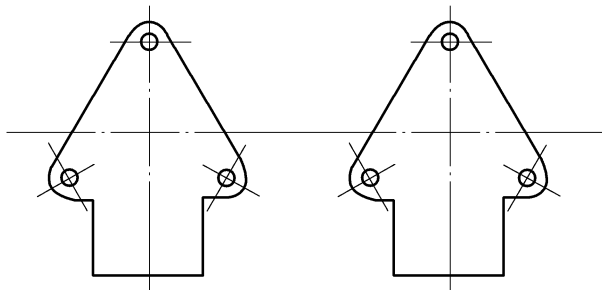


图 6-119 型腔排列方式

2) 分型面的选择

如何确定分型面，需要考虑的因素比较复杂。由于分型面受到塑件在模具中的成型位置、浇注系统设计、塑件的结构工艺性、精度、嵌件位置形状、推出方法、模具的制造、排气、操作工艺等多种因素的影响，因此在选择分型面时应综合分析比较，从几种方案中优选出较为合理的方案。

(1) 分型面确定要点。选择分型面时一般应遵循以下几项总体原则：保证塑件质量这是最基本的一条，必须使塑件质量符合预定要求；便于塑件脱模，易于脱模可使生产率提高，塑件不易变形，提高合格品率；简化模具结构，同样一个塑件，因为分型面选择不同，使结构的复杂程度有很大不同，合理地选择，即可简化模具结构。

(2) 分型面选择原则。分型面应通过零件的最大投影面积。定模和动模各自包括一部分，开模后，零件应留在动模上。在可能的情况下，分型面设在同一平面上。对同心度要求高的外形或内孔，尽可能设置在同一半模内，以保证精度。为保证外观质量，分型面不要设置在光滑面上。分型面的确定应避免在模具中有深腔，要考虑顶出距离、脱模斜度和填充效果。

对侧向抽芯机构而言,选择分型面时应避免型芯上压力过大,以免造成模具损坏或造成尺寸误差。分型面的选择应尽量使模具结构简单。分型面的选择应尽可能设计在塑料流动的末端,以利于排出型腔内的气体。分型面上的总压力应小于合模力,调换投影面积可减小压力。分型面的开设,应考虑塑料液体在进入型腔后流动顺利。设计抽芯时,应尽量使抽芯设置在动模上。

3) 方案选择

为了便于模具加工制造,应选择平直分型面、易于加工的分型面。

方案一如图 6-120 所示,有两次分型,优点是分型面通过零件的最大投影面积。定模和动模各自包括一部分,开模后,零件留在动模上。

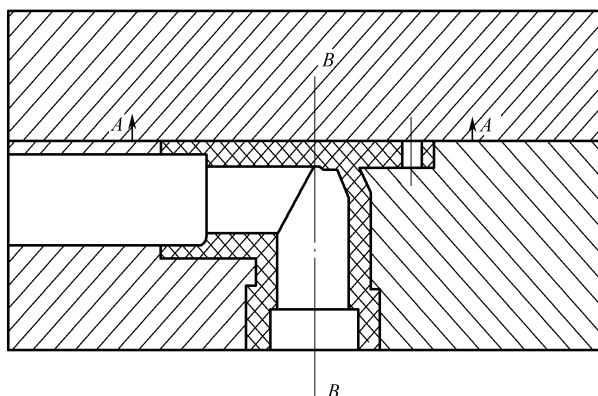


图 6-120 方案一

方案二如图 6-121 所示。一次分型,在中间部分采用点浇口,优点是分型面通过零件的最大投影面积。零件可能留在动模上。

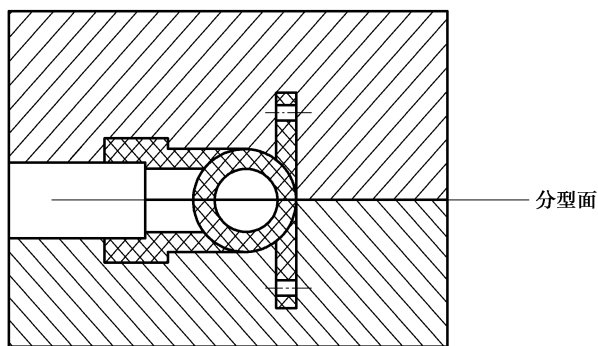


图 6-121 方案二

方案三如图 6-122 所示,两个分型面,后垂直分型,采用哈夫装置,侧抽芯和滑块同时抽出。

三种方案比较:方案一与方案三比较,方案三的分型面不是一个平面,造成模具制造复杂。方案二的分型面在中间,由于有浇口的拉动,制件可能在分型后留在定模一边。即使点浇口被拉断制件留在哪个半模也是不确定的,并且点浇口的脱离不方便。最后采用方案一。

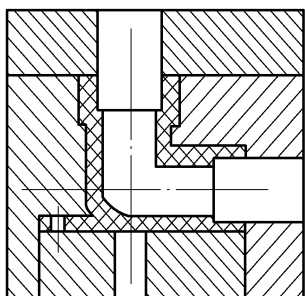


图 6-122 方案三

3. 主流道的设计

主流道是一段与注射机喷嘴相接触，另一端与分流道相连的一段带有锥度的流动通道。主流道小端尺寸为 $3.5 \sim 4\text{mm}$ 。

主流道的入口球面半径应大于注射机喷嘴半径约 1mm ，这样有利于注射机同模具同轴对准，便于注射；浇口套外大圆半径也比注射机喷嘴球半径大 1mm ，这样有利于两者很好地贴合，防止塑料熔体反喷，出现溢边致使脱模困难。主流道的锥度一般为 $2^\circ \sim 4^\circ$ ，过大角度会产生涡流，进入空气；过小的角度会使凝固塑料脱模困难，还会使充模时流动阻力增大，热量损耗大。 H 一般取 $3 \sim 5\text{mm}$ 。

1) 主流道形式

主流道结构有三种：整体式、组合式、衬套式。衬套式是目前最常用的主流道形式，以浇口套的形式镶于模板中，适用于所有注塑模具。这种形式，便于加工、拆卸和热处理。

根据所选注射机确定浇口套，如图 6-123 所示。

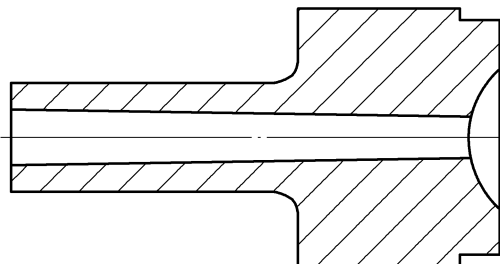


图 6-123 浇口套

2) 定位圈

为了使主流道与喷嘴和料筒对中，需要有定位圈。除此之外，定位圈的另一个作用是将衬套压紧，以防止衬套在熔体反压力作用下退出定模。定位圈的外径与注射机有关，由于选定的注射机相关部分尺寸为 $D125$ ，故取外径为 $D125$ ，采用间隙配合 $H8/f8$ 。为了压住衬套，设计一个阶梯孔，其大孔直径为 32mm ，与衬套成间隙配合，相对于注射机 $D24$ 的喷头有 2mm 的余量，避免发生碰撞与磨损，它对衬套的压紧方式如图 6-124 所示。

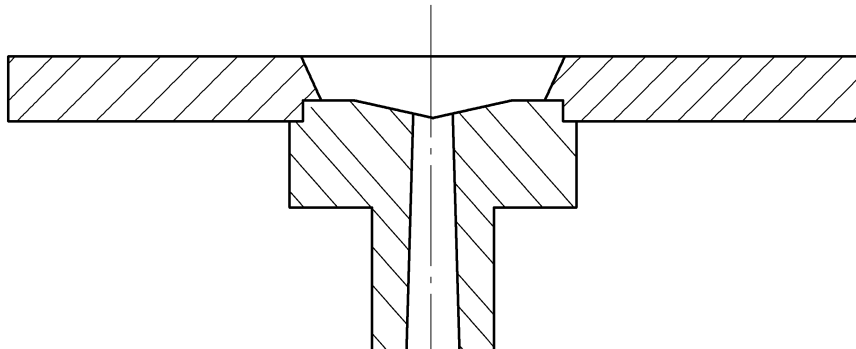


图 6-124 定位圈

4. 分流道的设计

分流道主要对进入模具的熔料起分流和转向作用，多型腔的模具一定要设置分流道。

1) 分流道设置原则

熔体应以最短的路径、最小的热量和压力损失，快速射入型腔。熔料从各浇口进入型腔的温度和压力相同，以保证各型腔中制品的收缩率相同。分流道的转折处应以圆弧过渡，与浇口的连接处应加工成斜面，以利于熔料的流动。在保证足够的注射压力时，分流道的截面和长度应尽量取最小值。

2) 分流道截面形状

分流道的理想状态应是其中心线与浇口中心线在同一条直线上，圆形截面流道可以实现这一点，加之它易于加工，故最常用，但要在上下分型面加工。梯形截面分流道塑料熔体的热量损失和流动阻力都不大，故采用梯形截面。

$$B=0.265\sqrt[4]{m^3L} \quad H=B/3$$

式中 B ——梯形大边宽 (mm);

m ——制品质量 (g);

L ——分流道长度 (mm);

H ——梯形高 (mm)。

经过计算得分流道尺寸如图 6-125 所示。

3) 分流道的表面粗糙度

由于分流道中与模具接触的外层塑料迅速冷却，只有中心部位的塑料熔体的流动状态较为理想，因而分流道的内表面粗糙度 Ra 并不要求很高，一般取 $1.6\mu\text{m}$ 左右即可。这样表面稍不光滑，有助于塑料熔体的外层冷却皮固定，从而与中心部位的熔体之间产生一定的速度差，以保证熔体流动时具有适宜的剪切速率和剪切热。

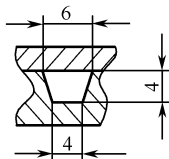


图 6-125 分流道尺寸

5. 浇口的设计

浇口是注塑模浇注系统的最后部分，也是浇注系统中截面最小的部分。

1) 浇口主要作用

由于浇口处截面最小，因此流速也最快，可使熔料以最快的速度进入并充满型腔。当型腔被熔料充满后，随着温度的下降，浇口处熔料能迅速冷却固化，将型腔封闭，可防止型腔内冷却的熔料回流回来。由于浇口截面狭窄，所以浇口处塑料强度很低，很易断裂，便于制品脱模。浇口的长度和截面尺寸可以在试模时适当调整，由此来调整浇口处熔料的凝固时间，以及熔料充模时的流动性。

2) 浇口的形式选择

浇口尺寸的具体选择一般根据经验确定，先取小值，然后在试模过程中，逐渐修正，一般要求是：浇口截面与分流道截面之比为 $0.03\sim 0.09$ ，截面常为圆形或矩形。浇口截面高度 h 可取制品最小壁厚的 $1/3\sim 2/3$ ，或 $0.5\sim 2\text{mm}$ 。

在流速和壁厚均为正常的情况下，浇口截面宽度 B 通常比分流道窄些，对小型制品，其宽度约为高度的 $3\sim 10$ 倍；浇口长度尽量短，这样对减小熔料的流动阻力和增大流速均有利，一般浇口长度可取 $0.7\sim 2\text{mm}$ ；浇口与型腔连接处应做成 $R0.5$ 的圆角或 $0.5\times 45^\circ$ 的倒角，可防止制品与浇口凝料分离时损伤制品。

3) 浇口位置选择

浇口的位置对制品的质量有重要影响, 在确定浇口位置时有如下几个原则:

浇口尽量开设在塑件截面最厚处, 这样浇口处冷却较慢, 有利于熔料通过浇口往型腔中补料, 不易出现凹陷等缺陷。浇口位置应使熔料的流程最短, 流向变化小, 能量损失最小。浇口位置有利于型腔内气体的排出。浇口位置应开设在正对型腔壁或粗大型芯的位置, 使高速熔料流直接冲击在型腔或型芯壁上, 从而改变流向, 降低流速, 平稳地充满型腔, 可消除塑件上明显的熔接痕, 避免熔体出现破裂。浇口应开设在塑件壁厚最大处。必须尽量减少熔接痕。考虑分子定向影响。避免产生喷射和蠕动。浇口处避免弯曲和受冲击载荷。注意对外观质量的影响。

根据塑件的特征, 综合考虑以上几项原则, 浇口位置如图 6-126 所示。

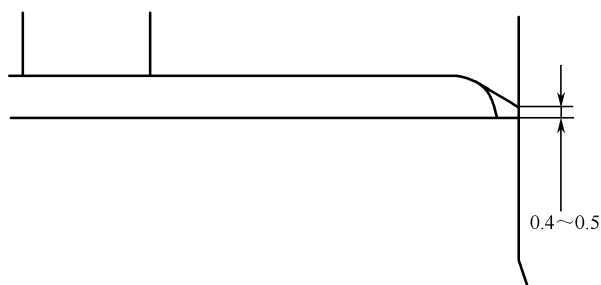


图 6-126 浇口位置

6. 冷料井及拉料杆的设计

在完成一次注射循环的间隔, 考虑到注射机喷嘴和主流道入口这一小段熔体因辐射散热而低于所要求的塑料熔体的温度, 从喷嘴端部到注射机料筒以内约 10~25mm 的深度有个温度逐渐升高的区域, 这时才达到正常的塑料熔体温度。位于这一区域内的塑料的流动性能及成型性能不佳, 如果这里温度相对较低的冷料进入型腔, 便会产生次品。为克服这一现象的影响, 用一个井穴将主流道延长以接收冷料, 防止冷料进入浇注系统的流道和型腔, 把这一用来容纳注射间隔所产生的冷料的井穴称为冷料穴。

冷料穴一般开设在主流道对面的动模板上(塑料流动的转向处), 其直径与主流道大端直径相同或略大一些, 深度约为直径的 1~1.5 倍。

模具采用底部无杆的冷料井, 这类冷料井底部没有拉杆, 利用侧凹拉料, 与开模方向成一定的倾角的凹坑中的冷料可产生所需的拉力, 用以拉出主流道凝料或拉断点浇口, 在主流道末端开有锥形凹坑冷料穴, 这种结构必须用 S 形的分流道相匹配, 以便能将冷料头从不通孔顺利拉出。适用于垂直分型面的注塑模, 冷料井可以位于左右半模的中心线上, 开模时分型面左右分开, 塑件与浇注系统冷料一同取出。

7. 成型零件设计

模具中决定塑件几何形状和尺寸的零件称为成型零件, 包括凹模、型芯、镶块、成型杆和成型环等。成型零件工作时, 直接与塑料接触, 受塑料熔体的高压、料流的冲刷, 脱模时与塑件间还发生摩擦。因此, 成型零件要求有正确的几何形状、较高的尺寸精度和较高的表面粗糙度, 此外, 成型零件还要求结构合理, 有较高的强度、刚度及较好的耐磨性能。

设计成型零件时,应根据塑料的特性和塑件的结构及使用要求,确定型腔的总体结构,选择分型面和浇口位置,确定脱模方式、排气部位等,然后根据成型零件的加工、热处理、装配等要求进行成型零件结构设计,计算成型零件的工作尺寸,对关键的成型零件进行强度和刚度校核。

1) 成型零件结构设计

型腔是成型塑件外表面。本设计采用哈夫结构,“哈夫”来自英语(Half),就是半模的意思。哈夫式注射模的成型部件大都是半组合而成,这类模具主要应用于成型有侧孔或侧凹的塑件。哈夫模块的动作方向常常和动、定模开模方向相垂直。

(1) 型腔的结构设计。哈夫模又可按其结构特征分为以下四类:靠楔形拉板操作的哈夫模;靠动模上斜导柱操作的哈夫动模;靠顶出机构操作的哈夫模;手动轻便哈夫模。

设计采用的是第二种靠动模上斜导柱操作的哈夫动模。在图 6-127 中,左侧的哈夫块为整体滑块,右侧为一半滑块中镶嵌型芯。

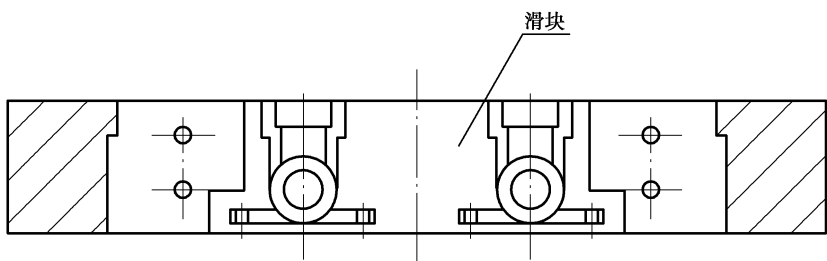


图 6-127 型腔

(2) 型芯及成型镶件的结构设计。型芯和成型镶件都是用来成型塑料内表面的零件,二者并无严格的区分。型芯也有整体形式的,从节省贵重的钢材,减少加工量考虑多采用组合式。型芯和固定板采用不同的材料制造并进行热处理,然后再连成一体。最常用的连接方式即用轴肩和底板连接。当轴肩为圆形而成型部分为非回转体时,为了防止型芯在固定板内转动,也和整体嵌入式凹模一样在轴肩处用销钉或键止转。在设计中型芯和三角镶件形式如图 6-128 所示。

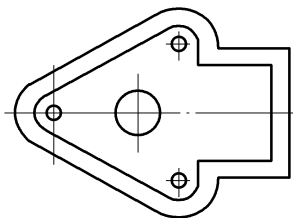
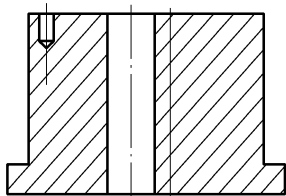


图 6-128 型芯及成型镶件

2) 成型零件工作尺寸计算

ABS 最大收缩率为 0.8%, 最小为 0.3%, 所以平均收缩率为 0.55%。 Δ 为制品公差, D_m 为凹模最大尺寸, Δ_m 为型芯最大尺寸, L_m 为模具中心距最大尺寸, δ_z 为模具制造公差, Δ_m 为预定制造偏差, S_{\max} 、 S_{\min} 分别为所用塑料的最大与最小成型收缩率, δ_z 为模具的磨损量。

型腔径向尺寸: $L_M = (L_s + L_s S_{cp} - 0.75 \Delta)_0^{+\delta_z}$

型芯径向尺寸: $L_M = (L_s + L_s S_{cp} + 0.75 \Delta)_0^{-\delta_z}$

型腔深度尺寸: $H_M = (H_s + H_s S_{cp} - \Delta_m)_0^{+\delta_z}$

型芯高度尺寸: $H_M = (H_s + H_s S_{cp} + 2/3 \Delta)_0^{-\delta_z}$

中心距尺寸: $L_M \pm \delta_z/2 = L(1 + S_{cp}) \pm \delta_z/2$

孔到主型芯侧壁距离: $L_M \pm \delta_z/2 = [L(1+S_{cp}) \pm \delta/4] \pm \delta_z/2$

式中 H_M ——型腔、型芯径向尺寸;

H_s ——型腔、型芯径向名义尺寸;

L_M ——型腔、型芯深度尺寸;

L_s ——型腔、型芯深度名义尺寸;

Δ ——塑料制件尺寸公差;

δ_z ——模具制造公差。

制件尺寸公差按 IT14 查得: $4^{A=0.3}$, $5^{A=0.3}$, $10^{A=0.36\text{mm}}$, $15^{A=0.43}$, $16^{A=0.43}$, $20^{A=0.52}$, $26^{A=0.52}$, $30^{A=0.52}$, $35^{A=0.62}$, $44^{A=0.62}$ 。

3) 型腔径向尺寸计算

按公差带法计算。

$$(1) L_1 = (L_s + L_s S_{cp} - 0.75 \Delta)^{+\delta_z}_0 = (26 + 26 \times 0.8\% - 0.75 \times 0.52)^{+0.018}_0 = 25.818^{+0.018}_0$$

$$\text{尺寸验算: } d'_{\max} = D_m + \Delta_m + \delta_z - S_{\min} \delta_z \leq d$$

$$25.818 + 0.021 + 0.05 - 0.3\% = 25.886 \leq 26$$

所以按 IT7 级可以制造, 凹模径向尺寸为 $25.818^{+0.018}_0$ 。

$$(2) L_2 = (L_s + L_s S_{cp} - 0.75 \Delta)^{+\delta_z}_0 = (30 + 30 \times 0.8\% - 0.75 \times 0.52)^{+0.021}_0 = 29.85^{+0.021}_0$$

$$\text{尺寸验算: } d'_{\max} = D_m + \Delta_m + \delta_z - S_{\min} \delta_z \leq d$$

$$29.85 + 0.021 + 0.05 - 0.3\% \times 0.05 = 29.918 \leq 30$$

所以按 IT7 级可以制造, 凹模径向尺寸为 $29.85^{+0.021}_0$ 。

$$(3) L_3 = (L_s + L_s S_{cp} - 0.75 \Delta)^{+\delta_z}_0 = (5 + 5 \times 0.8\% - 0.75 \times 0.3)^{+0.012}_0 = 4.815^{+0.012}_0$$

$$\text{尺寸验算: } d'_{\max} = D_m + \Delta_m + \delta_z - S_{\min} \delta_z \leq d$$

$$4.815 + 0.012 + 0.04 - 0.3\% \times 0.004 = 4.867 \leq 5$$

所以按 IT7 级可以制造, 凹模径向尺寸为 $4.815^{+0.012}_0$ 。

$$(4) L_4 = (L_s + L_s S_{cp} - 0.75 \Delta)^{+\delta_z}_0 = (27 + 27 \times 0.8\% - 0.75 \times 0.52)^{+0.021}_0 = 26.826^{+0.021}_0$$

$$\text{尺寸验算: } d'_{\max} = D_m + \Delta_m + \delta_z - S_{\min} \delta_z \leq d$$

$$26.826 + 0.021 + 0.07 - 0.3\% \times 0.07 = 26.918 \leq 27$$

所以按 IT7 级可以制造, 凹模径向尺寸为 $26.826^{+0.021}_0$ 。

4) 型腔深度尺寸计算

按公差带法计算型腔深度尺寸。

$$H_M = (H + HS_{\min} - \Delta_m)^{+\Delta_m}_0 = (35 + 35 \times 0.3\% - 0.025)^{+0.025}_0 = 35.08^{+0.025}_0$$

$$\text{校核: } h'_{\min} = H_M - S_{\max} h + \Delta \geq h$$

$$35.08 - 0.8\% \times 35 + 0.62 = 35.42 \geq 35$$

所以按 IT7 级制造, 凹模深度尺寸为 $35.08^{+0.025}_0$ 。

$$H_M = (H + HS_{\min} - \Delta_m)^{+\Delta_m}_0 = (48 + 48 \times 0.3\% - 0.025)^{+0.025}_0 = 48.119^{+0.025}_0$$

$$\text{校核: } h'_{\min} = H_M - S_{\max} h + \Delta \geq h$$

$$48.119 - 0.8\% \times 48 + 0.74 = 48.475 > 48$$

所以按 IT7 级制造, 凹模深度尺寸为 $48.119^{+0.025}_0$ 。

$$H_M = (H + HS_{\min} - \Delta_m)^{+\Delta_m}_0 = (10 + 10 \times 0.3\% - 0.015)^{+0.015}_0 = 10.015^{+0.015}_0$$

校核: $h'_{\min} = H_M - S_{\max}h + \Delta \geq h$

$$10.015 - 0.8\% \times 10 + 0.36 = 10.295 > 10$$

所以按 IT7 级制造, 凹模深度尺寸为 $10.015_{-0}^{+0.015}$ 。

$$\begin{aligned} H_M &= (H + HS_{\min} - \Delta_m)_{-0}^{+\Delta_m} \\ &= (15 + 15 \times 0.3\% - 0.018)_{-0}^{+0.018} = 15.027_{-0}^{+0.018} \end{aligned}$$

校核: $h'_{\min} = H_M - S_{\max}h + \Delta \geq h$

$$15.027 - 0.8\% \times 15 + 0.43 = 15.337 > 15$$

所以按 IT7 级制造, 凹模深度尺寸为 $15.027_{-0}^{+0.018}$ 。

5) 型芯径向尺寸计算

按公差带法计算。

$$(1) \quad d_m = (D + D_{\min} + \Delta)_{-\Delta_m}^0$$

预定公差按 IT7 级取值, 预定磨损量按制品公差的 1/6 取值, 于是初算:

$$d_m = D + DS_{\min} + \Delta = 16 + 16 \times 0.3\% + 0.43 = 16.478$$

按公式检验: $D'_{\min} = d_m - \Delta_m - \delta_c - S_{\max}D \geq D$

$$16.478 - 0.018 - 0.8\% \times 16 + 16.332 \geq 16$$

所以按 IT7 级制造, 型芯径向尺寸为 $16.478_{-0.018}^0$ 。

$$(2) \quad d_m = (D + D_{\min} + \Delta)_{-\Delta_m}^0$$

预定公差按 IT7 级取值, 预定磨损量按制品公差的 1/6 取值, 于是初算:

$$d_m = D + DS_{\min} + \Delta = 20 + 20 \times 0.3\% + 0.52 = 20.58$$

按公式检验: $D'_{\min} = d_m - \Delta_m - \delta_c - S_{\max}D \geq D$

$$20.58 - 0.021 - 0.8\% \times 20 = 20.399 \geq 20$$

所以按 IT7 级制造, 型芯径向尺寸为 $20.58_{-0.021}^0$ 。

$$(3) \quad d_m = (D + D_{\min} + \Delta)_{-\Delta_m}^0$$

预定公差按 IT7 级取值, 预定磨损量按制品公差的 1/6 取值, 于是初算:

$$d_m = D + DS_{\min} + \Delta = 4 + 4 \times 0.3\% + 0.3 = 4.312$$

按公式检验: $D'_{\min} = d_m - \Delta_m - \delta_c - S_{\max}D \geq D$

$$4.312 - 0.012 - 0.8\% \times 4 = 4.268 \geq 4$$

所以按 IT7 级制造, 型芯径向尺寸为 $4.312_{-0.012}^0$ 。

6) 型芯高度计算

按公差带法计算。

$$(1) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m)_{-\Delta_m}^0$$

$$= 10 + 10 \times 0.8\% + 0.015 = 10.095$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta \leq H$

$$H_{\max} = 10.095 - 0.3\% \times 10 - 0.36 = 9.435 \leq 10$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度为 $10.095_{-0.015}^0$ 。

$$(2) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m)_{-\Delta_m}^0$$

$$= 12 + 12 \times 0.8\% + 0.018 = 12.114$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta \leq H$

$$H_{\max} = 12.114 - 0.3\% \times 12 - 0.43 = 11.648 \leq 12$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度为 $12.114_{-0.018}^0$ 。

$$(3) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m) - \Delta_m \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta_m \end{smallmatrix} \\ = 71 + 71 \times 0.8\% + 0.030 = 71.598$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta \leq H$

$$H_{\max} = 71.598 - 0.3\% \times 71 - 0.74 = 68.728 \leq 71$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度为 $71.598 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$ 。

$$(4) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m) - \Delta_m \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta_m \end{smallmatrix} \\ = 38 + 38 \times 0.8\% + 0.025 = 38.329$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta_m \leq H$

$$H_{\max} = 38.329 - 0.003 \times 38 - 0.62 = 37.595 \leq 38$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度 $38.329 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$ 。

$$(5) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m) - \Delta_m \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta_m \end{smallmatrix} \\ = 58 + 58 \times 0.8\% + 0.030 = 58.494$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta_m \leq H$

$$H_{\max} = 58.494 - 0.003 \times 58 - 0.74 = 57.58 \leq 58$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度 $58.494 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$ 。

$$(6) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m) - \Delta_m \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta_m \end{smallmatrix} \\ = 33 + 33 \times 0.8\% + 0.025 = 33.289$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta_m \leq H$

$$H_{\max} = 33.289 - 0.003 \times 33 - 0.62 = 32.57 \leq 33$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度为 $33.289 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.025 \end{smallmatrix}$ 。

$$(7) \quad H_M = (H + HS_{\max} + \Delta_m) - \Delta_m \begin{smallmatrix} 0 \\ -\Delta_m \end{smallmatrix} \\ = 25 + 25 \times 0.8\% + 0.021 = 25.221$$

按公式检验: $H_{\max} = H_M - S_{\min}H - \Delta_m \leq H$

$$H_{\max} = 25.221 - 0.003 \times 25 - 0.53 = 24.616 \leq 25$$

所以按 IT7 级制造, 型芯高度为 $25.221 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.021 \end{smallmatrix}$ 。

8. 滑块的设计

滑块一不设置侧抽芯机构, 滑块二设置侧抽芯机构, 为力的平衡滑块要对称设置。根据经验推荐 ABS 塑料注塑模的最小壁厚取 7mm, 侧型芯外侧取最小壁厚 10mm, 侧型芯固定销 $\phi 8$ 。要满足型腔的最小壁厚, 型腔与孔间距取 10mm, 导柱孔与边缘间距为 4mm, 楔紧块倾斜角度大于斜导柱的角度, 取 22° 。这样可以保证合模时可靠压紧滑块, 开模时楔紧块分开, 滑块即做抽芯动作, 进入相同距离时, 楔紧块横向行程大于斜导柱, 所以此时造成楔紧块压紧而不是斜导柱压紧。

导滑槽由压块和推板组合而成, 如图 6-129 所示。注射模装配图见图 6-130。

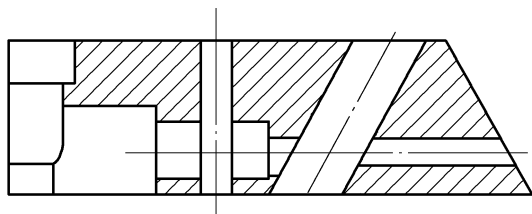
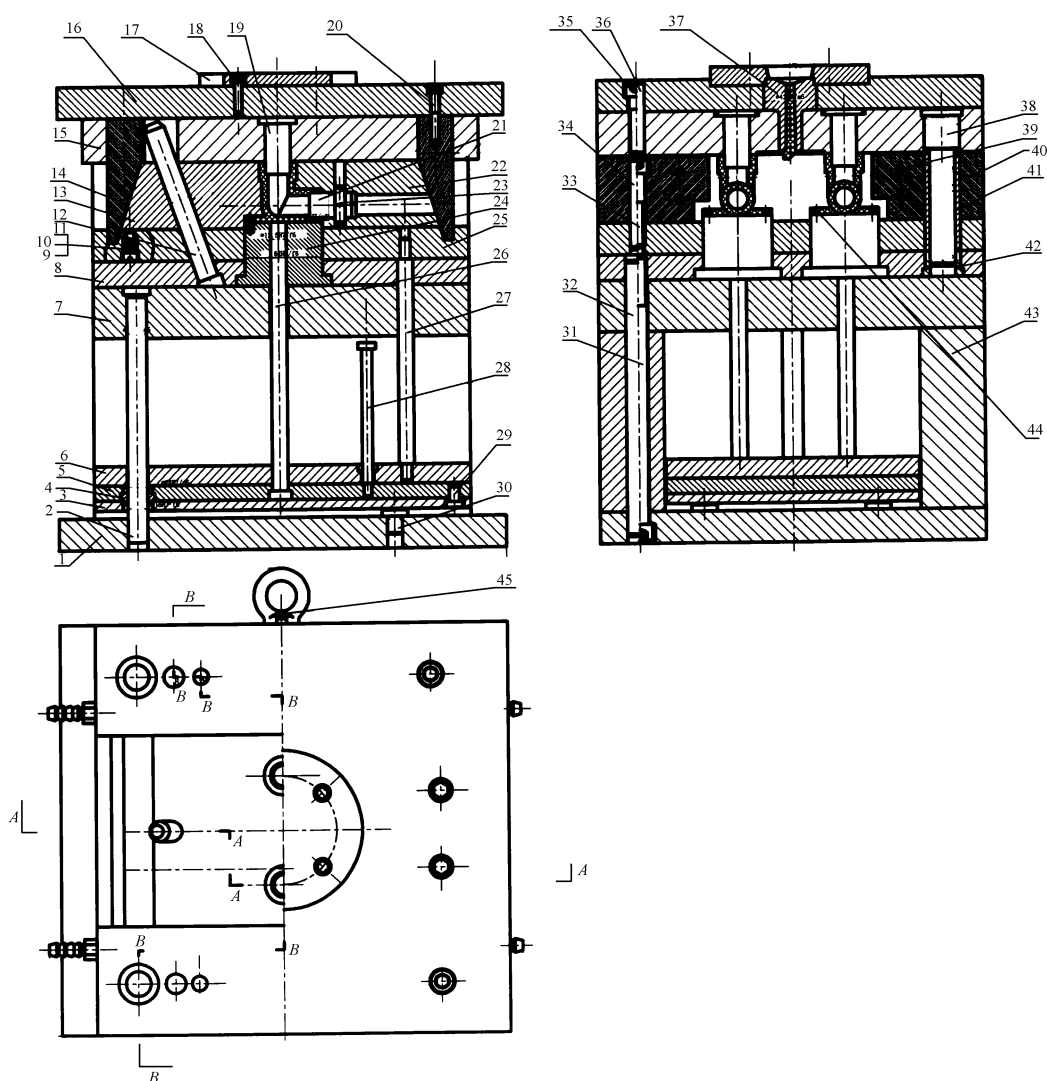


图 6-129 导滑槽

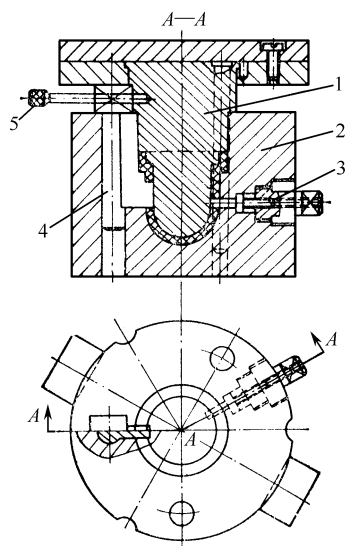


1,16—座板; 2,38—导柱; 3,5,6—固定板; 4,41,42—导套; 7—支承板; 8—动模板; 9—螺塞; 10—弹簧;
11—球头销; 12—斜导柱; 13,22—滑块; 14—楔紧块; 15—定模板; 17—定位环; 18,20,31,33,35—螺钉;
19,21,44—型芯; 23—圆柱销; 24—动模镶块; 25—推板; 26,27,28—拉杆; 29—螺杆; 30—限位钉;
32,34,36—销钉; 37—浇口套; 39—水嘴; 40—压块; 43—支承块; 45—吊环

图 6-130 法兰弯头注射模装配图

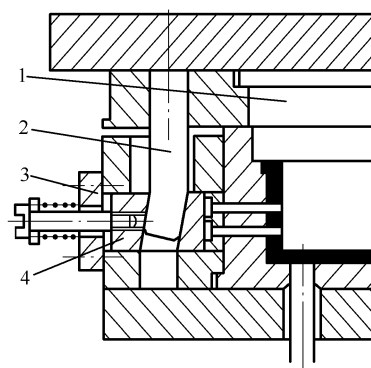
6.2 压塑模典型结构图例

压塑模典型结构见图 6-131~图 6-135。



1—凸模；2—凹模；3—侧面小型芯；4—活动镶块；5—圆销

图 6-131 活动镶块式压缩模



1—凸模；2—弯销；3—挡板；4—滑块型芯

图 6-132 弯销侧面抽芯压缩模

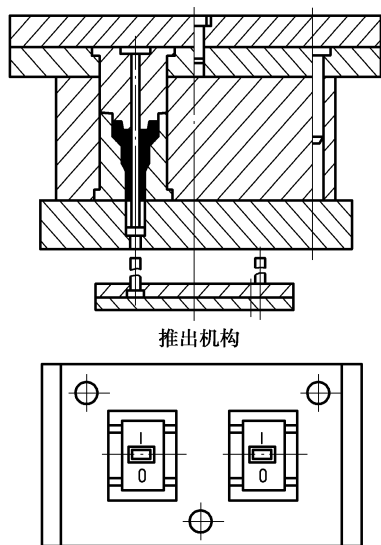


图 6-134 推杆脱模机构

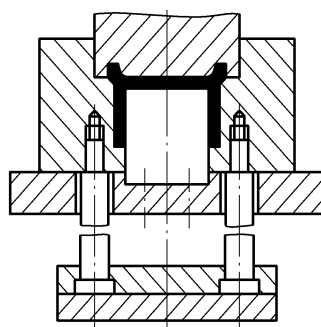


图 6-133 凹模脱模机构

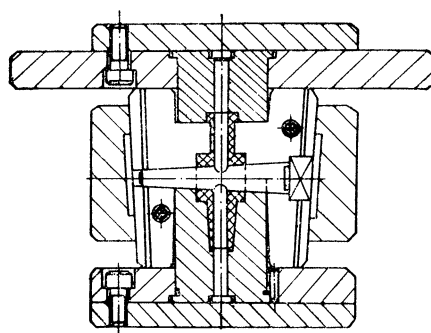


图 6-135 侧向抽芯移动式压缩模

6.3 压注模典型结构图例

压注模典型结构图例见图 6-136~图 6-141。

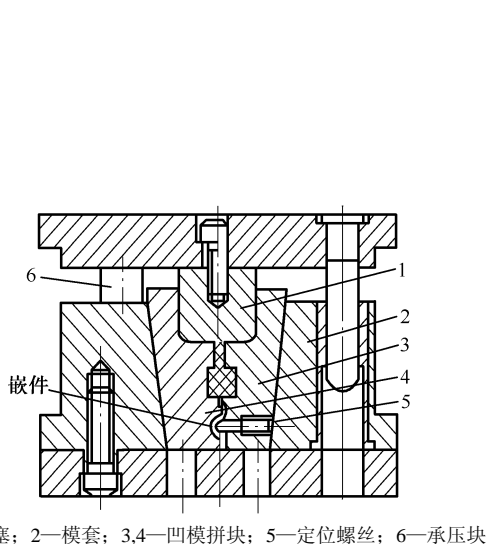


图 6-136 垂直分型面直接浇口的压注模

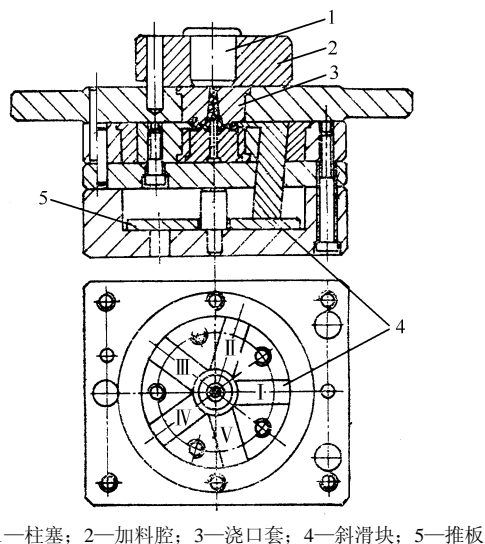


图 6-137 多种滑块侧抽芯的压注模

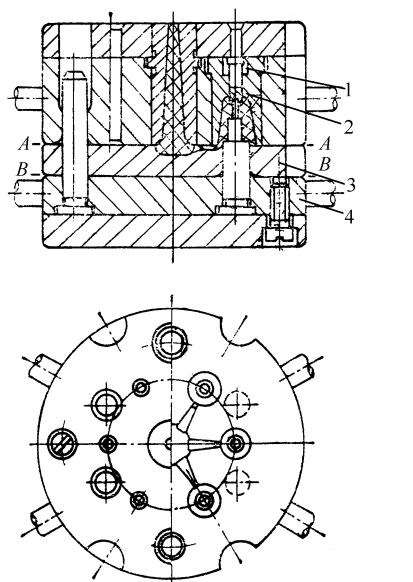


图 6-138 二个水平分型面的压注模

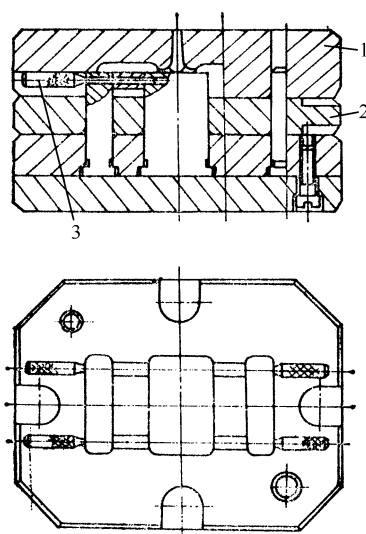


图 6-139 手动侧抽芯的压注模

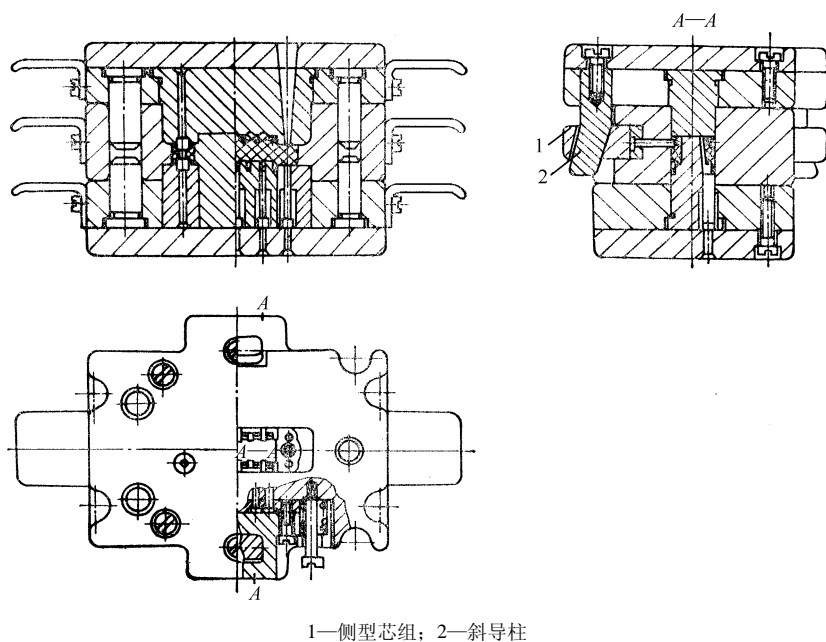
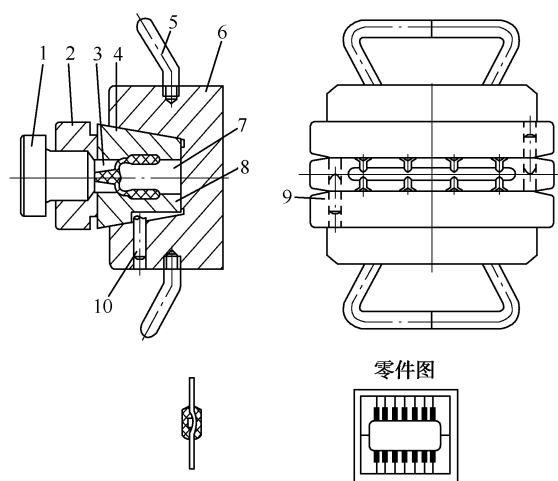


图 6-140 斜导柱侧抽芯机外装卸压注模



1—柱塞；2—加料腔；3—浇口套；4,8—并块；5—手柄；6—模套；7—型芯；9,10—导钉

图 6-141 移动式封装压注模

参 考 文 献

- [1] 虞传宝. 冷冲压及塑料成型工艺与模具设计资料. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [2] 张克辉. 注塑模设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1995.
- [3] 成都科技大学等五所院校. 塑料成型模具. 北京: 中国轻工业出版社, 1988.
- [4] 李秦蕊. 塑料模具设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1988.
- [5] 成都科技大学. 塑料成型工艺学. 北京: 中国轻工业出版社, 1991.
- [6] 程树祥, 张柱秋. 工程塑料应用手册. 南京: 江苏科学技术出版社, 1986.
- [7] 王旭. 塑料模具结构图册. 北京: 机械工业出版社, 1985.
- [8] 模具制造编写组. 模具制造手册. 北京: 机械工业出版社, 1982.
- [9] 许发越. 模具标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [10] 国家标准总局. 机械制图(修订版). 北京: 技术标准出版社, 1988.
- [11] 唐志玉. 塑料模具设计师指南. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [12] 许发越. 实用模具设计与制造手册. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [13] 塑料模具技术编委会. 塑料模具技术手册. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [14] 塑料模设计编写组. 塑料模设计手册(第二版). 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [15] 黄毅宏. 模具制造工艺. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [16] 中国模具工业协会. 模具计价办法参考手册. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [17] 西北工业大学制图教研室. 画法几何及机械制图. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992.
- [18] 刘占军. 弹力支座件多工位级进模设计[J]. 模具工业, 2006, (3).
- [19] 刘占军. 拉簧钩件多工位级进模设计[J]. 模具工业, 2007, (2).
- [20] 刘占军. 角撑件多工位级进模设计[J]. 模具工业, 2007, (4).

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036